

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE BELLAS ARTES



TESIS DOCTORAL

La fotografía científica y su reinterpretación en una aproximación al mundo del arte

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

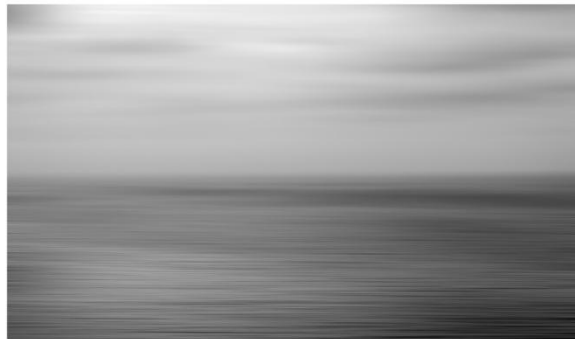
Pablo Álvarez Couso

Director

Luis Castelo Sardina

Madrid, 2014

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. FACULTAD DE BELLAS ARTES



TESIS DOCTORAL

LA FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA Y SU REINTERPRETACIÓN

EN UNA APROXIMACIÓN AL MUNDO DEL ARTE

Pablo Álvarez Couso

Director: Luis Castelo Sardina

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE BELLAS ARTES

Departamento de Dibujo II (Diseño e Imagen)



TESIS DOCTORAL

LA FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA Y SU REINTERPRETACIÓN

EN UNA APROXIMACION AL MUNDO DEL ARTE

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

PABLO ÁLVAREZ COUSO

DIRECTOR

LUIS CASTELO SARDINA

MADRID, 2013

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE BELLAS ARTES



TESIS DOCTORAL

LA FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA Y SU REINTERPRETACIÓN

EN UNA APROXIMACION AL MUNDO DEL ARTE

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

PABLO ÁLVAREZ COUSO

DIRECTOR

LUIS CASTELO SARDINA

MADRID, 2014

A mis padres Pablo y Olvido, *in memoriam*.

Para Susana y para mi hijo Pablo.

Soave sia il vento,
tranquilla sia l'onda,
ed ogni elemento
benigno risponda
ai nostri desir.¹

¹ *Que sea suave el viento, tranquilas las olas, y que todos los elementos benignos respondan a nuestros deseos. Così fan tutte ossia La scuola degli amanti. Música de Wolfgang Amadeus Mozart y libreto en italiano de Lorenzo da Ponte. 1790.*

INTRODUCCIÓN

CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN

- A) OBJETO DE ESTUDIO ---16
- B) PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA ---19
- C) ESTRUCTURA DE LA TESIS ---34
- D) ESQUEMAS DE LOS APARTADOS B) Y C) --- 42

PRIMERA PARTE

1 LA FOTOGRAFÍA EN EL SIGLO XIX: CIENCIA Y ARTE

- 1.1 EXPLORACIÓN DE LA IMAGEN A TRAVÉS DE LA CÁMARA OSCURA ---48
- 1.2 MAGIA QUÍMICA PARA EVITAR DIBUJAR ---49
- 1.3 UN NEGATIVO MUCHOS POSITIVOS ---54
- 1.4 PRIMERAS IMÁGENES CIENTÍFICAS ---56
- 1.5 EL IMPULSO DE LA CIENCIA EN LA EVOLUCIÓN DE LA FOTOGRAFÍA ---58

2 CIENCIA Y FOTOGRAFÍA: INFLUENCIA EN EL ARTE DEL SIGLO XIX

- 2.1 LA IMPRESIÓN DE ATRAPAR EL FLUJO REAL DE LA VIDA ---61
- 2.2 LA REALIDAD DE UNA CÁMARA OSCURA ---62

2.3 CIENCIA Y FOTOGRAFÍA EN EL INICIO DE UNA NUEVA MANERA DE REPRESENTAR LA REALIDAD ---65

2.4 LA NATURALIDAD DE UNA YEGUA AL GALOPE ---69

2.5 EXPLORANDO LOS LÍMITES DE LA REALIDAD ---76

2.6 LA PLASTICIDAD DEL MEDIO FOTOGRÁFICO ---82

3 INFLUENCIA DE LA CIENCIA EN LAS VANGUARDIAS ARTÍSTICAS DEL SIGLO XX

3.1 EL EXCEPCIONAL INICIO DEL SIGLO XX ---85

3.2 ROMPIENDO EL ESPACIO Y EL TIEMPO ---88

3.3 INSPIRACIÓN CUBISTA Y TECNOLÓGICA ---93

3.4 MÁQUINAS Y MOVIMIENTO ---98

3.5 EL ARTE COMO PRODUCTO DE LA MÁQUINA ---102

3.6 FOTOGRAMAS, ENSAMBLAJES Y FOTOMONTAJES ---107

3.7 DISOLUCIÓN DE LA MATERIA, DISOLUCIÓN DE LA FORMA ---112

3.8 ADELANTE CAMARADAS AVIADORES ---119

3.9 INGENIEROS CONSTRUCTORES ---125

3.10 MATRICES ORTOGONALES Y DE COLORES ---131

3.11 ARTE Y TÉCNICA COMO NUEVA UNIDAD. LA NUEVA VISIÓN ---133

3.12 EL ARCHIVO ALEMÁN ---139

3.13 EL SUEÑO ETERNO Y EL PRINCIPIO DE INCERTIDUMBRE ---142

4 INFLUENCIA DE LA CIENCIA EN LAS ARTES PLÁSTICAS DESDE EL INICIO DE LA II GUERRA MUNDIAL

4.1 *THE WAR SYMPHONIES* ---148

4.2 INFORMALISMO EUROPEO ---151

4.3 EXPRESIONISMO ABSTRACTO AMERICANO ---158

4.4 POP ---168

4.5 ARTE Y CIENCIA. ÓPTICO CINÉTICO. POST-PAINTERLY ABSTRACCIÓN ---171

4.6 MINIMAL ART Y ARTE CONCRETO ---179

4.7 ARTE CONCEPTUAL ---187

SEGUNDA PARTE

5 PRELUDIO: WELCOME TO THE MACHINE

5.1 MICROPROCESADOR NEGRO SOBRE FONDO BLANCO ---199

5.2 LA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DE NUESTRO TIEMPO ---201

5.3 LOS CREADORES DE IMÁGENES ---205

6 LA FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA FUERA DE SU CONTEXTO FUNCIONAL EN UN ACERCAMIENTO AL ARTE DEL SIGLO XXI

6.1 INTRODUCCIÓN: FOTOGRAFÍA, ARTE Y CIENCIA ---209

6.2 MICROCOSMOS. ELECTRONES, NEUTRINOS, QUARKS,... PARTÍCULAS

6.2.1 FOTOGRAFÍAS DE LO INVISIBLE ---217

6.2.2 PARTÍCULAS EN LA NIEBLA ---219

6.2.3 *SET THE CONTROLS FOR THE HEART OF THE SUN*. PARTÍCULAS ACELERADAS COLISIONANDO ---222

6.2.4 *ECHOES*. DETECTORES DE PARTÍCULAS ---224

6.2.5 *ATOM HEART MOTHER*. IMÁGENES DE LO INCOGNOSCIBLE ---229

6.2.6 *HEAVY CONSTRUCTION*. CONSTRUCCIONES, ENSAMBLAJES Y SIMULACROS ---232

6.2.7 PUNTOS Y LÍNEAS DE COLORES ---238

6.2.8 *SHINE ON YOU CRAZY DIAMOND* ---241

6.2.9 SIMULACIONES: MICROSCÓPICOS AGUJEROS NEGROS Y BOSÓN DE HIGGS ---245

6.2.10 LOS ELEMENTOS ESENCIALES. GÉNESIS. *METAMORPHOSIS ONE*--251

6.3 LA VISIÓN EXPANDIDA. EL SISTEMA SOLAR Y LA TIERRA

6.3.1 LA CONSTRUCCIÓN DE LA MATERIA. *METAMORPHOSIS TWO* ---253

6.3.2 *ASTRONOMY DOMINE*. PRIMERAS IMÁGENES ---254

6.3.3 SISTEMAS Y CÁMARAS DE LA VISIÓN EXPANDIDA ---257

6.3.4 EL ATRACTIVO ESTÉTICO DE LA SUPERFICIE PLANETARIA ---262

6.3.5 LA DESMATERIALIZACIÓN DE LA IMAGEN. *DESINTEGRATION* ---265

6.3.6 OBJETIVIDAD Y ARCHIVO. *DISCIPLINE* ---277

6.3.7 ARCHIVOS PLANETARIOS INFORMALISTAS. *A SAUCERFUL OF SECRETS*-- 282

6.3.8 *TALES FROM TOPOGRAPHIC OCEANS*. MATERIA Y ABSTRACCIÓN ---285

6.3.9 APROPIACIONISMO EN RED. *THE COURT OF THE CRIMSON KING*--289

6.3.10 LA ARMONÍA DE LAS ESFERAS ---294

6.4 MACROCOSMOS. EXPLORACIONES. ESTUDIANDO LAS ESTRELLAS HEMOS LLEGADO A CONCEBIR LA ESTRUCTURA DEL ÁTOMO

6.4.1 EXPLORAR EL COSMOS. EL TELESCOPIO ---299

6.4.2 EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO. ESPECTRO VISIBLE Y NO VISIBLE. ESPECTROSCOPIA. ESPECTROS DE EMISIÓN Y DE ABSORCIÓN. EXPLORAR LA MATERIA ---306

6.4.3 FRECUENCIAS ---313

6.4.4 LA MECÁNICA CELESTE. MODELO HELIOCÉNTRICO. EXPLORAR EL SISTEMA SOLAR ---318

6.4.5 *PRINCIPIA MATHEMATICA* Y RELATIVIDAD. EXPLORAR EL SISTEMA DEL MUNDO ---321

6.4.6 EXPLORACIONES. EXPLORAR EL MAR ---324

6.4.7 WEST ACROSS THE OCEAN SEA ---326

6.4.8 ILUSTRACIÓN Y EXPLORACIÓN ---330

6.4.9 LO BELLO Y LO SUBLIME ---335

6.4.10 LA EXPERIENCIA SUBLIME Y EL PAISAJE ROMÁNTICO ---337

6.4.11 CIENCIA BAJO SOSPECHA. LO INCOGNOSCIBLE ---341

6.4.12 EXPLORACIÓN CÓSMICA. SUPREMATISMO CÓSMICO ---347

6.4.13 DE LA TIERRA A LA LUNA....Y MAS ALLÁ ---353

6.4.14 EXPLORACIÓN DESDE CASA ---356

6.4.15 EL OCÉANO CÓSMICO. LO SUBLIME CONTEMPORÁNEO ---366

TERCERA PARTE

7 LA POSMODERNIDAD

- 7.1 INTRODUCCIÓN ---375
- 7.2 APROPIACIONISMO GRAFICO. INDISCIPLINE ---380
- 7.3 SE DENOMINAN PINTORES, SE DENOMINAN FOTÓGRAFOS ---386
- 7.4 EL ARCHIVO ---392

8 UTILIZACIÓN DE LAS FOTOGRAFÍAS E IMÁGENES CIENTÍFICAS EN EL ÁMBITO ARTÍSTICO ACTUAL.

- 8.1 HIROSHI SUGIMOTO ---397
- 8.2 OLAFUR ELIASSON ---406
- 8.3 DAVID MAISEL ---413
- 8.4 IN THE AIR ---421
- 8.5 EDWARD BURTYNSKY ---423
- 8.6 ANDREAS GURSKY ---433
- 8.7 ABSTRACCIÓN FOTOGRÁFICA ---441
- 8.8 ABSTRACCIÓN CIENTÍFICA ---444
- 8.9 ABSTRACCIÓN Y TIEMPO ---450
- 8.10 IMAGEN ANALÓGICA/IMAGEN DIGITAL ---454

8.11 FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA. HISTORIAS DE FANTASMAS ---459

8.12 GEOMETRÍA Y PARTÍCULAS ---466

8.13 COSMOS: ABSTRACCIÓN O REALIDAD ---469

8.14 THOMAS RUFF ---472

8.15 ALGUNAS PROPUESTAS EN EL PANORAMA ARTÍSTICO ESPAÑOL

8.15.1 ARTE, CIENCIA Y NATURALEZAS ---488

9 CONCLUSIONES --- 530

APÉNDICE

10.1 ELEMENTOS QUÍMICOS Y TEORÍA ATOMICA. DALTON ---539

10.2 EL ELECTROMAGNETISMO Y LA CONFIGURACIÓN DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO ---542

10.2.1 FARADAY, MAXWELL Y LA TEORIA DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO

10.2.2 LA TELEGRAFÍA Y LAS ONDAS HERZIANAS: NUEVOS DESCUBRIMIENTOS ELECTROMAGNÉTICOS Y APLICACIONES TECNOLÓGICAS

10.2.3 LOS RAYOS X Y LA RADIATIVIDAD

10.2.4 ESPECTROSCOPÍA Y ASTROFÍSICA

10.3 MECÁNICA CUÁNTICA ---562

10.3.1 PLANCK Y LOS CUANTOS. LA RADIACIÓN DEL CUERPO NEGRO.

10.3.2 EINSTEIN Y EL EFECTO FOTOELÉCTRICO

10.3.3 MODELOS ATÓMICOS RUTHERFORD Y BOHR

10.3.4 MECÁNICA CUÁNTICA

10.3.5 PARTÍCULAS ELEMENTALES. EL MODELO ESTÁNDAR

10.3.6 EL TRANSISTOR COMO APLICACIÓN TECNOLÓGICA DEL MUNDO CUÁNTICO. CIRCUITOS INTEGRADOS Y MICROPROCESADORES

10.4 MECÁNICA CELESTE Y RELATIVIDAD ---605

10.4.1 SOBRE EL SISTEMA DEL MUNDO

11 BIBLIOGRAFÍA ---622

12 ABSTRACT --- I - XXXV

INTRODUCCIÓN

CARACTERÍSTICAS DE LA INVESTIGACIÓN

A) OBJETO DE ESTUDIO

Una de las características principales que define el momento histórico actual es la revolución del conocimiento, resultado del imparable desarrollo de las nuevas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC).

El origen de esta nueva manera de gestionar y transmitir la información se hallaría en el siglo XIX; Charles Babbage (1792-1871) y James C. Maxwell (1831-1879) se distinguirían como científicos fundamentales al sentar las bases de la máquina y del medio de transmisión.

Ya en el siglo XX, los denominados tubos de vacío señalarán el nacimiento de la electrónica, que evolucionará ágilmente a lo largo del siglo, convergiendo con otras disciplinas científicas. Esta fusión dará como resultado una revolución tecnológica sin precedentes en la historia de la humanidad, modificando la manera de comunicarse, de trabajar e investigar, de crear,... alterando todos los entornos, profesionales o domésticos, transformando la sociedad y determinando la manera de ver el mundo.

Estamos en un punto de inflexión. De igual forma que la revolución tecnológica de la imprenta favoreció el Renacimiento en Europa y estableció el nacimiento de la ciencia moderna, y la revolución científica de inicio de siglo XX alteró la forma de ver la realidad, en la actualidad las nuevas tecnologías están cambiando las formas de acceso a la información, posibilitando

nuevos desarrollos creativos en todos los ámbitos del conocimiento y demandando una nueva manera, más holística, de concebir la creación artística, donde el arte y la ciencia tiendan a fundirse con el objetivo común de explorar la realidad.

Esta investigación tiene como eje fundamental el poner de manifiesto la fructífera relación existente en la actualidad, en gran parte debido al desarrollo de las TIC, entre la ciencia y el arte, una unión natural durante el Renacimiento que se fue diluyendo con el paso del tiempo hasta su escisión manifiesta en la conferencia *Las dos culturas y la revolución científica*, pronunciada en la Senate House de Cambridge en 1959 por el físico británico Charles Percy Snow (1905 - 1980). No obstante, en el terreno artístico ha continuado existiendo una interactividad entre el arte y la ciencia a lo largo del tiempo, en ocasiones de manera tímida e inconsciente, a pesar de que el arte siempre es producto de su tiempo, convirtiéndose en permeable a todo lo que ocurra a su alrededor, desarrollando formas y lenguajes vinculados al desarrollo científico y tecnológico de su época con la intención última, igual que el conocimiento científico, de indagar en el mundo físico y los fenómenos que permanecen ocultos a él. Sin embargo, en este momento suelen aparecer ambas como dos manifestaciones distintas, debido a la pretendida objetividad de la ciencia y la supuesta subjetividad del arte; a pesar de que las dos poseen las mismas inquietudes por el saber y el conocimiento y necesitan de un fuerte fundamento imaginativo y creativo en la generación de ideas y en la solución de problemas.

Al inicio del siglo XX, y de manera simultánea, se registra un cambio de paradigma en la ciencia y en el arte dando lugar a una nueva manera de ver la realidad. La relatividad y la mecánica cuántica rompen con la física clásica de la misma forma que el cubismo, la abstracción o las diferentes tendencias desarrolladas durante las vanguardias acabarán con el arte clásico. La estabilidad y el determinismo de la ciencia y del arte clásico dan paso a la indeterminación y la ambigüedad de la ciencia

moderna y el arte contemporáneo, desarrollándose una riqueza de formas y construcciones como nunca antes había sucedido, finalizando el siglo con una convergencia en el arte y la ciencia propiciada por la evolución de las nuevas tecnologías de la información. Este hecho amplifica de manera casi ilimitada las posibilidades y recursos para el desarrollo de nuevas formas y modelos artísticos, así como para la investigación y exploración en las diferentes disciplinas científicas.

En este contexto analizaré la evolución del medio fotográfico como paradigma de unión entre el arte y la ciencia, sistema de representación de la realidad y forma de almacenamiento de la información. La fotografía, definida por un proceso más o menos estable, ha sufrido un cambio sustancial al transformarse en imagen digital. De la materialización del negativo fotográfico se ha pasado a la desmaterialización del archivo digital, desplegando nuevas posibilidades y modificando los atributos de veracidad y memoria que se adjudicaron al medio desde un principio², aumentando las posibilidades de manipulación o construcción de imágenes y produciéndose una dislocación entre la realidad y su representación. De esta forma se han adoptado nuevas interpretaciones, que en el caso de las imágenes científicas actuales corresponden a reinterpretaciones de unos datos que se ajustan a unos parámetros establecidos por modelos y teorías científicas, dando lugar a una construcción de imágenes que reproducen una realidad que se ajusta a los modelos y se adecua a las posibilidades sensoriales de los seres humanos.

Esta manera de proceder en la reinterpretación o construcción de la realidad acerca las imágenes científicas actuales a modos de actuar muy similares en los procesos de creación de algunas de las manifestaciones artísticas contemporáneas.

² El artista catalán Joan Fontcuberta indaga y cuestiona la verdadera naturaleza del documento fotográfico como medio de difusión de la verdad y del conocimiento de hechos y acontecimientos ocurridos en distintos ámbitos utilizando la fotografía tradicional o analógica. Este punto está extensamente analizado en la última parte de la tesis.

Estas prácticas artísticas contemporáneas acentúan las correlaciones entre arte y ciencia, rebasándose incluso el límite de separación entre ambas disciplinas al trasladar la imagen científica de su contexto funcional y objetivo a un nuevo marco reinterpretativo y subjetivo en el discurso artístico. La tercera parte de la tesis analiza esta cuestión a través de una serie de artistas que parten del hecho o del documento científico para generar su discurso artístico.

La primera parte pone de manifiesto la estrecha relación que tuvieron con la ciencia y el desarrollo tecnológico los artistas de final del siglo XIX y la primera mitad del siglo XX. La segunda parte, núcleo central y principal propuesta de la tesis, analiza los procesos de creación de la imagen científica con la intención de revelar afinidades y tender puentes entre el arte y la ciencia en el inicio del nuevo siglo. La tercera parte presenta una serie de autores contemporáneos que trabajan sus proyectos vinculándolos a la ciencia, a sus modos de proceder o con el material resultante de sus exploraciones.

B) PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La fotografía apareció en el siglo XIX como fiel reproductor de la realidad. La naturaleza, el estatuto y la función del medio fotográfico están expuestos por Arago en el discurso de presentación del nuevo medio en la Académie des Sciences en el año 1839: “*La imagen se reproduce en sus detalles más nimios con increíble exactitud y finesse [...] La luz misma reproduce las formas y las proporciones de los objetos exteriores con una precisión casi matemática*”³. Sin embargo, al principio del siglo XXI la fotografía se presenta como un “*medio precario y frágil, asediado por lo utilitario y lo consumible, la fotografía constituye*

³ Citado por Scharf, Aaron. *Arte y Fotografía*. Alianza Forma. Madrid 1999. Pág. 28. El discurso en francés se puede consultar en <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k1231630/f7.imagen> [15-02-2013]

*una imagen ontológicamente incierta y pobre que no cesa de dudar*⁴, a pesar de poner en tela de juicio al resto de las prácticas artísticas.

Con la aparición del proceso de digitalización de imágenes, que procede de las investigaciones llevadas a cabo en la fotografía aeroespacial para la obtención de imágenes de satélite, la fotografía ha trasmutado, convirtiéndose en imagen numérica, abriéndose nuevas e interesantes posibilidades pero complicándose aún más la condición del medio. *“Por un lado, admitimos que la fotografía digital ha asumido las antiguas aplicaciones de la fotografía tradicional. [...] Los valores de registro, de verdad, de memoria, de archivo, de identidad, de fragmentación, etc. que habían apuntalado ideológicamente la fotografía en el siglo XIX son transferidos a la fotografía digital, cuyo horizonte en el siglo XXI se orienta en cambio hacia lo virtual”*⁵.

No obstante, según demostraremos a lo largo de esta investigación, la fotografía científica ha cambiado básicamente en su manera de proceder en la interpretación de la realidad con el paso a la imagen digital, ajustándose a patrones establecidos previamente y anticipándose incluso a la realidad a través de simulaciones. Construye la realidad, en ocasiones invisible, adaptándola a nuestra percepción estética y sensorial, siempre con la intención de explorarla y analizarla minuciosamente. David Malin colorea las imágenes del cosmos; en el CERN reconstruyen las trayectorias de las partículas, a partir de miles de millones de datos, y realizan simulacros para anticiparse a lo que casi con total seguridad va a ocurrir; desde el espacio se envían miles de datos en forma de onda electromagnética, desmaterializados, que se materializan virtualmente en las pantallas de los centros de investigación, formando parte de inmensos archivos científicos que viajan por la red y que podemos

⁴ Baqué, Dominique. *La fotografía plástica*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona. Pág 47

⁵ Fontcuberta, Joan. *La cámara de Pandora*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona. 2010. Pág. 12

materializar con un clip de ratón; los telescopios construyen el universo utilizando cientos de fotos e integrando el tiempo presente y el tiempo pasado en una imagen,...

*“Las fotografías analógicas tienden a significar fenómenos, las digitales, conceptos”*⁶. Esta conmutación y el predominio de la imagen digital respecto de la fotografía química tradicional pronostican un cambio de rumbo inminente en el medio por parte de los artistas que trabajan con él. Igual que ocurrió en el cambio del proceso fotoquímico al digital, que tuvo su génesis en el campo de la ciencia para facilitar la emisión de imágenes a la Tierra desde el espacio, está sucediendo con las propuestas desarrolladas desde el ámbito científico con el fin de observar el comportamiento de la naturaleza. Estas propuestas del mundo de la ciencia, que tienen como fin la observación e interpretación de fenómenos naturales ocultos a nuestros sentidos, llegan al mundo del arte gracias a una serie de artistas que utilizan los procesos y formas de trabajo utilizadas en la exploración científica. Los artistas trabajan cada vez más con archivos científicos y procesos utilizados para la investigación en ciencias físicas, biología, geología, medicina, etc, incorporando en sus exposiciones discursos conceptuales vinculados a la manera de proceder de la ciencia. El concepto y el proceso tienen la misma importancia que el resultado final, induciéndonos a la reflexión y al análisis de la construcción de la realidad.

*“El precario andamiaje de nuestras percepciones cotidianas es ilusorio,
y no hacemos sino repararlo y afianzarlo continuamente, incluso al
precio de distorsionar los hechos para que no contradigan nuestras*

⁶ Fontcuberta, Joan. *Op. Cit.* Pág 14

*percepciones, ni nuestras emociones, ni nuestras ideas de la realidad,
en vez de acomodarlas a los hechos incontrovertibles.*

*Esto es válido para las sensaciones, para las emociones, para las
ideologías y también para las ciencias. La representación⁷ es ante todo
una construcción imaginario-simbólica, una mediación interpersonal
que filtra y administra la realidad⁸.*

Este pensamiento puede extrapolarse tanto al arte como a las ciencias, adecuándose a sus modos de exploración, análisis y representación de la realidad, encontrándonos una imagen digital cada vez más presente en las muestras artísticas, con una apariencia fotográfica, pero con unos procesos de elaboración detrás de cada imagen impensables con el método tradicional fotoquímico. Además, su discurso narrativo enraíza directamente con los conceptos utilizados en el ámbito científico con objeto de representar y estudiar la realidad.

La fotografía esperó durante años el ingreso en el panorama artístico mundial y cuando al fin lo consiguió la imagen digital, disfrazada de fotografía y denominada fotografía digital, con mayor capacidad para impresionar, le arrebató el puesto. La imagen digital vuelve a generarse, igual que la fotografía, desde la ciencia y, tal como ocurrió en el siglo XIX, vuelve a fusionar ciencia y arte, esta vez arte con mayúsculas, que en ocasiones surge directamente de los procesos y los conceptos científicos,

⁷ Ya hablemos de signos como unidades de significación (desde la semiología: Charles Sanders Pierce, 1895), de señales como unidades de transmisión (desde la teoría de la información: Claude Elwood Shannon y Warren Weaver, 1949), o de sistemas de distinciones computables (desde la teoría de la computación: R. Jackendoff, 1998)

⁸ Moraza, Juan Luis. *El retorno de lo imaginario. Realismos entre XIX y XXI*. MNCARS. Museo Nacional Centro de Arte Reina Sofía. Catálogo exposición 19 mayo- 30 agosto 2010.

mostrando contundentemente el momento histórico que nos ha tocado vivir y ajustándose a los modos de la sociedad contemporánea.

“Cada sociedad necesita una imagen a su semejanza. La fotografía argéntica aporta la imagen de la sociedad industrial y funciona con los mismos protocolos que el resto de la producción que tenía lugar en su seno. La materialidad de la fotografía argéntica atañe al universo de la química, al desarrollo del acero y del ferrocarril, al maquinismo y a la expansión colonial incentivada por la economía capitalista. En cambio, la fotografía digital es consecuencia de una economía que privilegia la información como mercancía, los capitales opacos y las transacciones telemáticas invisibles. Tiene como material el lenguaje, los códigos y los algoritmos; comparte la sustancia del texto o del sonido y puede existir en sus mismas redes de difusión. Responde a un mundo acelerado, a la supremacía de la velocidad vertiginosa y a los requerimientos de la inmediatez y globalidad”⁹.

Nunca el acceso a la imagen fue tan fácil e inmediato. Cámaras integradas en teléfonos posibilitan la toma de la imagen en cualquier momento y lugar, e instantes después puede observarse a miles de kilómetros de distancia. Cámaras de seguridad vigilan constantemente cada rincón de la ciudad, las vías de comunicación, y el campo. Cámaras integradas en satélites envían periódicamente una información que oscila del tiempo meteorológico a la actividad nuclear en diversos puntos del planeta. La

⁹ Fontcuberta, Joan. *Op. Cit.* Pág. 12

red alberga miles de millones de imágenes virtuales, desde imágenes privadas realizadas con *webcam* a imágenes panorámicas de la región del Khumbu con una resolución con la que pueden observarse los alpinistas atravesando el glaciar del Khumbu y, ya como hormigas, en la base del acceso al collado sur para alcanzar la cumbre del Everest¹⁰ por su ruta normal.

Desde el eslogan publicitario “*Usted aprieta el botón, nosotros hacemos el resto*”¹¹ la fotografía ha cambiado demasiado; la democratización se ha convertido en anarquía. “*Las imágenes ya no son la representación del mundo, sino parte de él*”¹²; ¿a qué esperamos los artistas para utilizarlas? Están ahí para ser reinterpretadas, para darles nuevos significados.

*“Muchos artistas son proclives a recolectar y
seriar imágenes para llegar a lo que podría llamarse
obra-colección, es decir, un conjunto de obras que
unidas forman una colección con un propósito
nuevo, diferente al inicial”¹³.*

Esta tesis desarrolla este planteamiento, basándose en el modo de proceder de los altamente tecnificados sistemas e instrumentos utilizados en la investigación científica, así como en las prácticas conceptuales propuestas por los científicos para representar una realidad que se ajuste a unos comportamientos establecidos. Lo hace, asimismo, intentando poner de

¹⁰ Esta imagen impresionante puede visualizarse en: https://s3.amazonaws.com/Gigapans/EBC_Pumori_050112_8bit_FLAT/EBC_Pumori_050112_8bit_FLAT.html [20-02-2013]. Merece la pena visualizarla, se pueden ver alpinistas superando grietas y bloques de hielo del glaciar del Khumbu, alpinistas diminutos accediendo al collado sur en hilera por la pared, así como los campos de altura montados en la pared y el campo base a orillas del glaciar del Khumbu.

¹¹ Newhall, Beaumont *Historia de la fotografía*. Editorial Gustavo Gilli. Barcelona 2002. Pág. 127.

¹² Fontcuberta, Joan. Entrevista realizada por Bea Espejo en El Cultural. Diario El Mundo 21-02-2013. En http://www.elcultural.es/noticias/BUENOS_DIAS/4416/Joan_Fontcuberta [21-02-2013]

¹³ Fontcuberta, Joan. *Op cit.*

manifiesto las posibilidades y usos de las imágenes científicas en el terreno artístico, y basándose en las posibilidades técnicas y conceptuales que le otorga el desarrollo de una nueva forma de imagen, la imagen digital, y los nuevos medios de comunicación e información intrínsecos a ella. *“La naturaleza de la imagen está trastocada. Hay que pensar ya en la física cuántica de la imagen”*¹⁴.

En un artículo titulado *“Por un manifiesto posfotografico”*¹⁵, Joan Fontcuberta realiza un lúcido análisis de la situación del medio fotográfico en la actualidad y la revolución que ha supuesto para la fotografía la incorporación de las nuevas tecnologías, cuestionándose quién y porque se realizan hoy fotografías, así como para qué se utilizan. Estas preguntas le incitan a desarrollar una propuesta donde destacan unos puntos básicos del proceso de creación posfotografico. A continuación resaltaré alguna de las partes de este manifiesto, con la intención de vincularlas a la propuesta desarrollada en esta tesis:

- *“Sobre el papel del artista: ya no se trata de producir obras sino de prescribir sentidos”*. En esta investigación las imágenes científicas extraídas de distintos archivos, a través de Internet, son recontextualizadas en el ámbito artístico, con la intención de asignarles nuevos significados y concederlas una función contemplativa y reflexiva, en contraposición con su cometido analítico y objetivo.
- *“Sobre la actuación del artista: el artista se confunde con el curador, con el coleccionista, el docente, el historiador del arte, el teórico... (cualquier faceta en el arte es camaleónicamente autoral)”*. En la investigación adopto diferentes roles: el teórico, al investigar la transformación causada por las nuevas

¹⁴ Fontcuberta, Joan. *Op. Cit.*

¹⁵ Fontcuberta, Joan *Por un manifiesto posfotografico*. Suplemento cultural de La Vanguardia. Miércoles 11-05- 2011. Barcelona. Se puede leer en <http://www.lavanguardia.com/cultura/20110511/54152218372/por-un-manifiesto-posfotografico.html> [23-02-2013]

tecnologías en la fotografía, en la ciencia y en el arte; el historiador del arte, al realizar un recorrido histórico, en la primera parte de la tesis, que vincula la creación artística con los hechos tecnológicos de la época; se puede también ser artista y comisario, proponiendo diferentes exposiciones en cada uno de los apartados de la segunda parte de la tesis (*Microcosmos*, *La Visión Expandida*, *La Armonía de las Esferas*, *Macrocosmos* y *La Máquina Suprematista*), a partir de obras propias e imágenes apropiadas a través de la red y seleccionadas de forma subjetiva, de idéntica manera que los antiguos fotógrafos seleccionaban los negativos más interesantes y representativos de su discurso artístico a través de sus hojas de contactos.

- “*En la filosofía del arte: se deslegitiman los discursos de originalidad y se normalizan las prácticas apropiacionistas*”. Las imágenes están a disposición de todo el mundo en las direcciones web citadas, posibilitando la descarga y el apropiacionismo de ellas, muchas de las cuales han sido realizadas por máquinas, condición que nos llevaría al siguiente apartado.
- “*En la dialéctica del sujeto: el autor se camufla o está en las nubes (para reformular los modelos de autoría: coautoría, creación colaborativa, interactividad, anonimatos estratégicos y obras huérfanas)*.” Parte de la autoría es de la máquina y otra de los científicos, que ajustan parámetros y valoran la imagen en función de unos criterios objetivos y vinculados a la práctica científica, lo que nos traslada al siguiente punto.

- “*En la experiencia del arte: se privilegian prácticas de creación que nos habituarán a la desposesión: compartir es mejor que poseer*”. Parte de las imágenes pertenecen al CERN, la NASA y la ESA, compartiéndolas a través de la red en una política de difusión del conocimiento que esté al alcance de toda la humanidad, y creo que éticamente esas imágenes, aun fuera de su contexto funcional y dotándolas de diferentes significados y valores estéticos, están para compartirlas y difundir la investigación científica, confiriéndole un valor estético, fusionándose con el arte y dotándola de un discurso conceptual intrínseco. Se aproxima el arte a la práctica científica de forma natural y transversal, difundiendo de esta manera la ciencia a través del arte, y el arte a través de la ciencia.
- “*En la responsabilidad del artista: se impone una ecología de lo visual que penalizará la saturación y alentará el reciclaje*.” El artista selecciona las imágenes idóneas para desarrollar su propuesta y dotarla de un discurso coherente, utilizando para ello los archivos existentes en la red y escogiendo un pequeño grupo de imágenes de entre la ingente cantidad existente, tal y como el fotógrafo seleccionaba sus imágenes por medio de las hojas de contactos.

Estos son solo algunos de los puntos destacados por Fontcuberta y que yo he adaptado a mi propuesta de tesis. Conjuntamente destacaré las características intrínsecas al discurso creativo de esta investigación y que tienen su base en la forma de proceder de los equipos y sistemas tecnológicos utilizados en la obtención, producción y distribución de imágenes científicas. En la tesis, muchas de estas características conceptuales están vinculadas al desarrollo de proyectos artísticos que se han llevado a cabo en los últimos años:

- La fotografía científica actual (imagen digital) como medio de redefinición de la percepción de la realidad. Como expone Fontcuberta: la representación de la fotografía tradicional (fotoquímica) se traslada al concepto en la imagen digital.
- Proceso de observación de partículas subatómicas: aceleración a través de campos electromagnéticos – colisión – dispersión – captura de información – reconstrucción del suceso. Deconstrucción de los elementos básicos de la materia a través de una imagen o un conjunto de las mismas.
- La reconstrucción artificial del suceso se realiza a través de sistemas informáticos inteligentes. Los resultados son puntos y líneas sobre un plano vacío que describen trayectorias y representan las diferentes partículas subatómicas, que combinadas forman toda la materia conocida. Punto y línea sobre el plano son los elementos esenciales de la representación gráfica; su disposición genera todas las figuras.
- Simulación, ensamblaje, construcción. Otorgan a las imágenes una apariencia real. No obstante, solo podemos observar las trayectorias y diferenciarlas por medio de distintos colores; las partículas como tal no se han observado nunca. No sabemos cómo son. Se ajustan a una realidad definida por modelos teóricos que tienen en el lenguaje matemático su forma de expresión escrita. Los resultados experimentales evidencian la realidad de estos modelos. En el arte, el simulacro y la construcción también adquieren una apariencia real, tal como se aprecia en la obra de Jeff Wall o de Nancy Burson.

- En las imágenes obtenidas como registro de las colisiones se advierte dinamismo, movimiento vertiginoso y desordenado, que contrasta con la ortogonalidad impuesta por la máquina que genera la imagen. Hombre y máquina organizando a su medida y a su razón la compleja estructura del cosmos. Pollock vs. Mondrian, irracional vs. lo racional.
- Agujeros negros que no dejan escapar nada. Cuerpo celeste antimónico del Sol, la luz y la oscuridad. Invisible e implacable devorador de todo tipo de materia, incluso de la luz. Sin luz no existe nuestro mundo. Expresión de la teoría relativista de Einstein y su viaje espacio-temporal en la película de Kubrick 2001: Una odisea del espacio y de un mundo multicolor, psicodélico, en las imágenes del CERN. Igual que el campo de Higgs, que impregna todo el vacío, dotando de masa a las partículas subatómicas y que también se representa por distintos colores.
- *La visión expandida* muestra toda forma matérica, en sus diversos estados, constituida por las partículas subatómicas que forman los átomos. Esta se revela abstracta y compleja, poseedora de una fuerza telúrica muy similar a la energía emitida por las obras abstractas informalistas; sin embargo, y a diferencia del arte matérico, estas imágenes carecen de materia, están desmaterializadas, son virtuales.
- La desmaterialización de estas imágenes viene impuesta por su forma de transmisión desde el espacio. Son capturadas por máquinas que se encuentran a miles de kilómetros y desmaterializadas en su trayecto a la Tierra en forma de onda electromagnética. Son observadas en una pantalla (la imagen como señal eléctrica que se forma en un soporte inestable), y materializadas a través de una impresión,

como una fotografía. En el arte, la desmaterialización viene definida por Lucy Lippard dentro del arte conceptual, y la imagen electrónica (digital) es definida por José Luis Brea como *e-imagen* o imagen espectro, ajena a la realidad.

- El archivo como contenedor de imágenes (ubicados en la red), que varían de significado al cambiarlas de contexto. La *Nueva Objetividad* fotográfica como precursora del uso de los archivos en la práctica artística contemporánea.
- La *Nueva Visión* es en la actualidad *La Visión Expandida*. Una nueva forma de composición en el género paisajístico y atalaya desde la que observamos el territorio desde un punto de vista cenital. Moholy- Nagy capturaba un espacio urbano fragmentado desde la torre de Radio-Berlín, revelando un paisaje transformado en abstracción geométrica debido a su emplazamiento elevado. Las sondas espaciales y los satélites capturan un amplio territorio, desde el espacio exterior, fragmentándolo y convirtiendo el paisaje en abstracción. De la geometrización de las vanguardias a la materialización del paisaje contemporáneo.
- Además de mostrar un amplio territorio fragmentado, estas nuevas máquinas permiten visualizar los planetas y cuerpos celestes, pertenecientes al Sistema Solar en su totalidad. Construidos a través de fragmentos o capturados a gran distancia como un conjunto de esferas que flotan en el vacío, aparecen como un sistema en armonía, donde planetas y lunas se mueven irradiando un equilibrio prodigioso que desde siempre ha hechizado a la humanidad, descifrado gracias al lenguaje matemático y a la aportación

de grandes científicos como Newton, en un primer momento, y de Einstein, en la actualidad; aunque aún nos queda mucho por aprender del movimiento de los cuerpo celestes y de su existencia en otros sistemas estelares parecidos al nuestro.

- La ordenación de las diferentes radiaciones electromagnéticas en base a su longitud de onda o frecuencia la encontramos en el denominado espectro electromagnético. En función de lo que observemos emplearemos distintas longitudes de onda para “visualizar” o hacer visible algunos aspectos de la naturaleza que nos permanecen ocultos debido a nuestras limitaciones sensoriales. Muestra de ello puede ser el trabajo de Eugénia Balcells *Frecuencias*, donde selecciona los espectros de emisión de los elementos de la tabla periódica. También los diferentes tipos de imágenes capturadas en longitudes de onda fuera del rango visible: infrarrojo, ultravioleta, rayos x, ondas de radio,...
- La exploración como análisis intelectual de la realidad es un hecho que ha impulsado a la humanidad desde épocas remotas, conjugando todas las disciplinas del conocimiento y desarrollando en cada época una nueva manera de ver el mundo en función de los descubrimientos producidos, consiguiendo así provocar cambios de paradigma en diferentes ámbitos: el heliocentrismo, la perspectiva, el descubrimiento de América, los *Principia Mathematica*, la fotografía, las ecuaciones de Maxwell, la teoría de la evolución, el impresionismo y las vanguardias, la relatividad y la mecánica cuántica, la ascensión al Everest y la conquista del Polo Sur, la música atonal, la llegada a la Luna y la expansión del Universo,...

Todo es exploración e interpretación del mundo al que pertenecemos; son aproximaciones a la realidad que nos rodea, que nos concierne revelándose casi siempre ilimitada, inalcanzable,...

- El mar y el Universo como estímulo e inspiración, marcando un horizonte desde la antigüedad a todo tipo de creencias, predicciones, teorías y posibilidades, incitando a los seres humanos a la exploración, adentrándose con osadía y determinación en nuevos mundos y nuevas ideas que provocarán cambios decisivos en el curso de los acontecimientos históricos de la humanidad: de Humboldt y Darwin a Fyodorov, Tsiolkovski, Malévich, Hubble y Neil Armstrong.
- El punto anterior nos induce a pensar en la categoría estética de lo sublime en la época actual. La exploración en lugares remotos, inaccesibles por su peligrosidad o inexplicables e incognoscibles; lugares donde las fuerzas de la naturaleza se manifiestan de manera violenta y atroz, provocando en el hombre una sensación de terror e insignificancia frente a la naturaleza, dando lugar en el siglo XIX a la estética de lo sublime: Turner, Friedrich, Caspar Wolf, Burke, Addison, Goethe, Stevenson, Heine, Melville, Kipling, Wilde,... También en la ciencia existe una vinculación con lo sublime debido al desconocimiento, dando como resultado propuestas sublimes como *Frankenstein o el moderno Prometeo* de Mary Shelley. En la actualidad, continuamos ignorantes y desorientados: el Universo solo nos muestra su pasado. La materia oscura es una forma de materia; la energía oscura se asocia a un campo que ocupa todo el espacio. Ambas se desconocen; sin embargo, se sabe que son el 95% del contenido del Universo. El Universo sencillo e invariable del modelo heliocéntrico se ha transformado en

un Universo completo y complejo donde se unen el macrocosmos y el microcosmos. El comportamiento del microcosmos no responde a las leyes con las que operamos los humanos; pueden existir dimensiones ocultas del espaciotiempo, nuevas interacciones con la materia, nuevas partículas y nuevas fuerzas de la naturaleza, supersimetría, universos alternativos o multiversos,.... Esto es sublime. Lo sublime contemporáneo se encuentra en la ciencia, en lo que es desconocido, y donde se desarrollan las poderosas fuerzas de la naturaleza; las extraordinarias interacciones fundamentales: interacción nuclear fuerte, interacción nuclear débil, interacción electromagnética e interacción gravitatoria, que se desarrollan constantemente en el cosmos. La exploración científica despliega un amplio abanico de posibilidades, desde la colonización de nuevos mundos del sistema solar a la posibilidad de universos alternativos, para lo cual se desarrollan máquinas cada vez más complejas y precisas que nos permiten observar los límites físicos del cosmos.

- El océano cósmico como lo sublime contemporáneo. Representado por artistas contemporáneos como Sugimoto en series como *Mares*, *Conceptual Forms* y *Lightning Fields*; los *Color Field Painting* de Mark Rothko o Thomas Ruff en series como *Sterne*, *ma.r.s*, *Zycles* o *Cassini*. Mi última propuesta desarrollada en la segunda parte y denominada Macrocosmos aúna los conceptos de exploración en toda su extensión desde un planteamiento vinculado a la categoría estética de lo sublime en la época actual.

C) ESTRUCTURA DE LA TESIS

Para desarrollar el planteamiento sugerido en la tesis, especificado en el anterior apartado, he proyectado una estructura dividida en tres partes interrelacionadas entre sí, extrayendo finalmente conclusiones. Se cierra la investigación con un apéndice donde se profundiza en los hechos científicos abordados a lo largo de la tesis y la correspondiente bibliografía. A continuación expondré brevemente cada una de las partes que constituyen la tesis:

➤ PRIMERA PARTE:

En el inicio de la investigación expongo dos puntos relativos al siglo XIX:

- **LA FOTOGRAFÍA EN EL SIGLO XIX: CIENCIA Y ARTE**
- **CIENCIA Y FOTOGRAFÍA: INFLUENCIA EN EL ARTE DEL SIGLO XIX**

En estos apartados, se efectúa una revisión histórica a partir del nacimiento de la fotografía en el siglo XIX, relativa a la influencia del desarrollo científico y tecnológico en los distintos géneros y tendencias artísticos. El cambio de paradigma que supuso en la representación de la realidad el nacimiento de la fotografía y cómo ésta, elemento de intersección entre ciencia, arte y tecnología, dio lugar a un cambio de actitud en los artistas decimonónicos, rompiendo con las ideas entendidas como representación de la realidad difundidas por el neoclasicismo, el simbolismo y el romanticismo. La fotografía acompañó a la investigación científica, revelando nuevas maneras de ver la realidad, imperceptibles hasta ese momento, transmitiéndolas a la realización artística de inicios del siglo XX.

El siguiente apartado profundiza en la relación con la ciencia y la tecnología de las vanguardias artísticas del siglo XX hasta la Segunda Guerra Mundial:

- **INFLUENCIA DE LA CIENCIA EN LAS VANGUARDIAS ARTÍSTICAS DEL SIGLO XX**

En este apartado se realiza un paralelismo entre arte, ciencia y desarrollo tecnológico, poniendo de manifiesto las transferencias de la ciencia al arte de vanguardia y los cambios de paradigma desencadenados tanto en la ciencia (teorías de la relatividad y mecánica cuántica), como en el arte (cubismo, suprematismo, constructivismo, abstracción,...). Se destaca la influencia que adquirió la ciencia dentro de las propuestas artísticas desarrolladas e influyendo en el arte posterior que alcanza hasta nuestros días.

Continuando con:

- **INFLUENCIA DE LA CIENCIA EN LAS ARTES PLÁSTICAS DESDE EL INICIO DE LA II GUERRA MUNDIAL**

Que aborda el arte surgido después de la Segunda Guerra Mundial y su distanciamiento, en un primer momento, con la ciencia, ahondando en lo matérico y en lo esencial. Tímidamente volverá a ser influido por el desarrollo científico y tecnológico, manifestándose en nuevas tendencias (Op-Art, minimal o conceptual), que desplegarán unas ideas cada vez más osadas y transgresoras. Este apartado finalizará en pleno momento conceptual a principios de los años setenta.

➤ **SEGUNDA PARTE:**

• **PRELUDIO: WELCOME TO THE MACHINE**

Cierra la primera parte de la tesis y abre la segunda con la proposición de una nueva Máquina Suprematista generada a mediados del siglo XX y desarrollada en el inicio del nuevo siglo, causante de la revolución y el cambio de paradigma tecnológico y social en el terreno de las comunicaciones y el acceso al conocimiento.

• **LA FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA FUERA DE SU CONTEXTO FUNCIONAL EN UN ACERCAMIENTO AL ARTE DEL SIGLO XXI**

Esta segunda parte comprende el núcleo principal de la tesis, proponiendo la nueva visión científica, sus sistemas, métodos de obtención y producción de las imágenes, así como los procesos de transmisión y comunicación como nuevas formas de discurso y producción dentro del arte contemporáneo. En primer lugar, a través de los cambios que se han desarrollado en el medio fotográfico debido al desarrollo tecnológico y a su aceptación en los últimos años dentro del mundo del arte; en segundo lugar, vinculando el discurso artístico a los procesos científicos y a sus consecuencias dentro del panorama artístico presente, tanto en lo relativo a las propuestas teóricas como prácticas. La fotografía alteró el modo de ver la realidad cambiando el arte en el siglo XIX. La imagen digital y las nuevas tecnologías están modificando nuevamente las maneras de crear imágenes, de determinar y de comprender la realidad, proporcionándonos nuevas visiones de la realidad, algunas construidas y otras simuladas, que responden a marcos teóricos muy complejos que experimentalmente están comprobados y funcionan.

Esta sección está dividida en tres grandes bloques, que van desde lo infinitamente pequeño a lo inconmensurablemente grande, pasando por nuestra escala:

*“Estamos a mitad de camino entre
la inmensidad del espacio intergaláctico
y el microcosmos subatómico de
partículas elementales dentro de los
átomos de nuestros cuerpos”¹⁶.*

- **MICROCOSMOS. ELECTRONES, NEUTRINOS, QUARKS,... PARTÍCULAS.**

En este apartado analizo la forma de exploración del mundo subatómico, explicando brevemente el funcionamiento de los aceleradores de partículas, en concreto el LHC, y la manera de detectar y obtener imágenes de las partículas subatómicas, vinculando el proceso de elaboración de las imágenes (construcciones, ensamblajes y simulacros) a propuestas artísticas contemporáneas. De igual forma, destaco las analogías existentes entre las imágenes de los elementos básicos de la materia y los elementos esenciales utilizados para la representación gráfica, entre otras cuestiones ya comentadas con anterioridad.

- **LA VISIÓN EXPANDIDA. EL SISTEMA SOLAR Y LA TIERRA.**

Continuaré con la formación de la materia a partir de los elementos esenciales y los dispositivos que nos permiten observarla en nuestra escala, desde la microscopía hasta la astronomía dentro del Sistema Solar. Esta *Visión Expandida* nos da acceso a una nueva visión de la realidad y del mundo, siempre desde un punto de vista aéreo y casi siempre cenital, permitiéndonos la observación de nuevos paisajes planetarios dominados por la materia en sus diversos estados. Destacaré el proceso de desmaterialización de las imágenes para poder ser enviadas a través del espacio, así como el nuevo sistema de

¹⁶ Barrow, John D. *El universo como obra de arte*. Editorial Crítica. Barcelona. 2007 pág. 94

obtención de imágenes por medio de la digitalización y su pérdida con el referente, apareciendo un punto de inflexión en el proceso fotográfico tradicional al transformarlo en imagen digital, donde las imágenes son desmaterializadas y virtuales, con lo que se pone de manifiesto la pérdida con la realidad y su facilidad de manipulación.

También destaco el archivo científico como contenedor de imágenes que pueden ser apropiadas, reinterpretadas y contextualizadas en otro ámbito, como puede ser el artístico, cambiando así su función y su lectura.

- **MACROCOSMOS. EXPLORACIONES. ESTUDIANDO LAS ESTRELLAS HEMOS LLEGADO A CONCEBIR LA ESTRUCTURA DEL ÁTOMO¹⁷**

En este último apartado de la segunda parte enfatizo y generalizo el proceso de exploración como motor del conocimiento en todos los ámbitos del saber, comenzando por la exploración de la luz y la distribución de todas las formas de radiación electromagnética existentes en el Universo, que tienen su base teórica en las ecuaciones de Maxwell y parte de su forma experimental en las diversas imágenes obtenidas con distintas frecuencias. La exploración científica comienza con la observación del Universo y la teoría del movimiento de los objetos celestes (Aristóteles, Copérnico, Galileo, Kepler, Newton, Einstein, Hubble,...); *De revolutionibus orbium coelestium*, *Sidereus Nuncius*, *Principia Mathematica*,... La exploración del Universo se alterna con la exploración de la Tierra a través del mar como lugar inhóspito y en ocasiones temible, que encierra misterios y nuevos mundos por descubrir, del mismo modo que las más elevadas montañas y los polos, dando lugar a la estética de lo sublime:

¹⁷ Barrow, John D. *Op.Cit.* Pág. 88

“La infinitad tiene una tendencia a llenar la mente con aquella especie de horror delicioso que es el efecto más genuino y la prueba más verdadera de lo sublime”¹⁸.

Con ello se busca expresar lo desconocido e ignoto como, ya en el siglo XX, el cosmos y las formas de búsqueda a través de la imaginación (Fedorov, Malévich,..), que influyen en la ciencia (Tsiolkovski, Oberth, Korolev,...), y en los intrépidos pioneros de las expediciones espaciales (Gagarin, Glenn Jr, Tereshkova, Armstrong,...). También exploramos el cosmos a través de teorías y observaciones realizadas desde la Tierra, desarrollando nuevos modelos como el Big Bang y observando que *“la inmensa mayoría del Universo está formada por energía oscura y materia oscura, pero aún no se sabe en qué consisten la una y la otra. La materia común, de la que están hechas las estrellas, los planetas y el gas interestelar, solo suma una pequeña fracción.”*¹⁹ En la exploración aparece lo sublime de forma reiterativa, poniéndonos de manifiesto la insignificancia e ignorancia del ser humano en lo referente a cuestiones universales. Sin embargo, de manera obstinada y persistente, el ser humano continuará explorando el cosmos, motivado por la curiosidad y la búsqueda de la certidumbre de su existencia.

¹⁸ Kleist, H.v, Sämtliche Werke und vier Banden. En *Fragmentos para una teoría romántica del arte*. Antología y edición Javier Arnaldo, 1994. Tecnos. Madrid. Pág54

¹⁹ Turner, Michael S. “*El origen del universo*”. En *Investigación y Ciencia*. Temas: Universo Cuántico, nº 63,1º trimestre 2011.Pág. 66

➤ **TERCERA PARTE. Dos secciones:**

• **LA POSMODERNIDAD**

Analiza brevemente su desarrollo como respuesta al movimiento moderno, explorando algunas prácticas posmodernas e indagando en los nuevos contextos discursivos y expositivos del medio fotográfico.

• **UTILIZACIÓN DE LAS FOTOGRAFÍAS E IMÁGENES CIENTÍFICAS EN EL ÁMBITO ARTÍSTICO ACTUAL.**

Realiza un recorrido por distintos artistas contemporáneos que, de algún modo, han utilizado la imagen, los métodos, los procesos o el discurso científico para realizar algunos proyectos vinculados a su creación artística, algunos de los cuales tienen similitudes formales y conceptuales con las propuestas presentadas en esta tesis. Finaliza con algunos artistas españoles que han trabajado con la ciencia como base de su exploración artística. Esta sección justifica mi propuesta de tesis como un planteamiento coherente y que cada vez está más presente en una parte del discurso artístico contemporáneo.

APÉNDICE: BREVE RECORRIDO POR LA HISTORIA DE LA CIENCIA

Incluir este último punto como material adjunto a la tesis responde a un empeño de intentar explicar, a través de la historia de la ciencia, algunos conceptos científicos complejos y que pueden estar un poco fuera de lugar en un contexto como el de las Bellas Artes, si bien creo que, en los tiempos que corren, la transdisciplinariedad, como forma de investigación integradora de varias disciplinas, es un hecho que enriquece y contribuye a desarrollar nuevas formas de expresión en el contexto artístico y en el científico. Con lo cual concluyo, para la persona que tenga interés en profundizar más sobre las cuestiones relativas a la

ciencia que aparecen en esta tesis, con una breve exposición de las teorías, y algunas aplicaciones de las mismas, a las que refiero algunas de las ideas planteadas en esta investigación.

➤ **Notas Musicales**

- En varios de los títulos de los diferentes apartados de la tesis, principalmente de los apartados incluidos en la segunda parte, utilizo enunciados que remiten a temas musicales, alguno de ellos pertenecientes al grupo británico Pink Floyd²⁰; introduzco esta idea con la intención de realizar una correspondencia entre los temas, pertenecientes al movimiento psicodélico y progresivo en el género musical del rock, y los contenidos presentados en el apartado correspondiente, enriqueciendo el discurso al integrar en él la fuerza evocadora de los títulos musicales, remitiendo a un tema concreto y a un momento histórico en ocasiones próximo a los hechos presentados.

²⁰ <http://www.pinkfloyd.com/> [04-03-2013]

D) ESQUEMAS DE LOS APARTADOS B) Y C)

- BREVE ESQUEMA DE LAS PROPUESTAS EXPUESTAS EN LA TESIS Y APARECIDAS EN EL APARTADO B) PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.
- Extraídas del artículo titulado “*Por un manifiesto posfotografico*” de Joan Fontcuberta:
 1. “*Ya no se trata de producir obras sino de prescribir sentidos*”. Las imágenes extraídas de archivos científicos adquieren un nuevo significado al ser apartadas de su ámbito funcional.
 2. “*El artista se confunde con el curador, con el coleccionista, el docente, el historiador del arte, el teórico...*” En la investigación adopto diferentes roles.
 3. “*Se deslegitiman los discursos de originalidad y se normalizan las prácticas apropiacionistas*”. Las imágenes son apropiaciones de archivos científicos virtuales.
 4. “*El autor se camufla o está en las nubes*”. Parte de la autoría es de la máquina y otra de los científicos.
 5. “*Compartir es mejor que poseer*”. Parte de las imágenes pertenecen al CERN, la NASA y la ESA, compartiéndolas a través de la red en una política de difusión del conocimiento.
 6. “*Se impone una ecología de lo visual que penalizará la saturación y alentará el reciclaje*”. El artista selecciona las imágenes idóneas para desarrollar su propuesta y dotarla de un discurso coherente.

- Características intrínsecas al discurso creativo de esta investigación:
 1. La fotografía científica actual (imagen digital) como medio de redefinición de la percepción de la realidad.
 2. Deconstrucción de los elementos básicos de la materia a través de una imagen o un conjunto de las mismas en el proceso de observación de partículas subatómicas.
 3. La reconstrucción artificial del suceso de como resultado puntos y líneas sobre un plano, elementos esenciales de la representación gráfica.
 4. Simulación, ensamblaje, construcción otorgan a las imágenes una apariencia real en la ciencia y en el arte.
 5. El dinamismo, el movimiento vertiginoso y el desorden contrasta con la ortogonalidad impuesta por la máquina. Pollock vs. Mondrian.
 6. Las simulaciones de agujeros negros y el campo de Higgs aparecen como un mundo multicolor, psicodélico.
 7. *La visión expandida* muestra toda forma matérica constituida por las partículas subatómicas. Se revela abstracta y compleja, poseedora de una fuerza telúrica muy similar a la energía emitida por las obras abstractas informalista pero desmaterializada.
 8. La desmaterialización de estas imágenes viene impuesta por su forma de transmisión desde el espacio.

9. El archivo como contenedor de imágenes (ubicados en la red), que varían de significado al cambiarlas de contexto.
10. La *Nueva Visión* es en la actualidad *La Visión Expandida*, atalaya desde la que observamos el territorio desde un punto de vista cenital.
11. Visualización de los cuerpos celestes como un conjunto de esferas que flotan en el vacío irradiando equilibrio y armonía.
12. Las diferentes radiaciones electromagnéticas nos permiten “visualizar” algunos aspectos de la naturaleza que nos permanecen ocultos debido a nuestras limitaciones sensoriales. Eugénia Balcells *Frecuencias*.
13. La exploración como análisis intelectual de la realidad. Todo es exploración e interpretación del mundo al que pertenecemos, aproximaciones a la realidad que nos rodea.
14. El mar y el Universo como estímulo e inspiración.
15. La categoría estética de lo sublime en la época actual: el universo solo nos muestra su pasado. La materia oscura es una forma de materia; la energía oscura se asocia a un campo que ocupa todo el espacio. El Universo sencillo e invariable del modelo heliocéntrico se ha transformado en un Universo completo y complejo donde se unen el macrocosmos y

el microcosmos. El comportamiento del microcosmos no responde a las leyes con las que operamos los humanos.

16. El océano cósmico como lo sublime contemporáneo representado por artistas contemporáneos: Sugimoto, Mark Rothko o Thomas Ruff.

BREVE ESQUEMA DE **C) ESTRUCTURA DE LA TESIS.**

PRIMERA PARTE

- LA FOTOGRAFÍA EN EL SIGLO XIX: CIENCIA Y ARTE
- CIENCIA Y FOTOGRAFÍA: INFLUENCIA EN EL ARTE DEL SIGLO XIX
- INFLUENCIA DE LA CIENCIA EN LAS VANGUARDIAS ARTÍSTICAS DEL SIGLO XX
- INFLUENCIA DE LA CIENCIA EN LAS ARTES PLÁSTICAS DESDE EL INICIO DE LA II GUERRA MUNDIAL

SEGUNDA PARTE

- PRELUDIO: WELCOME TO THE MACHINE
LA FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA FUERA DE SU CONTEXTO
FUNCIONAL EN UN ACERCAMIENTO AL ARTE DEL SIGLO XXI

- MICROCOSMOS. ELECTRONES, NEUTRINOS, QUARKS,...
PARTÍCULAS
- LA VISIÓN EXPANDIDA. EL SISTEMA SOLAR Y LA TIERRA
- MACROCOSMOS. EXPLORACIONES.
ESTUDIANDO LAS ESTRELLAS HEMOS LLEGADO A CONCEBIR
LA ESTRUCTURA DEL ÁTOMO

TERCERA PARTE

- LA POSMODERNIDAD
- UTILIZACIÓN DE LAS FOTOGRAFÍAS E IMÁGENES
CIENTÍFICAS EN EL ÁMBITO ARTÍSTICO ACTUAL
- CONCLUSIONES
- APÉNDICE: BREVE RECORRIDO POR LA HISTORIA DE LA
CIENCIA

Notas Musicales

1 LA FOTOGRAFÍA EN EL SIGLO XIX: CIENCIA Y ARTE

1-1 EXPLORACIÓN DE LA IMAGEN A TRAVÉS DE LA CÁMARA OSCURA

Una imagen es la representación de un objeto cuya luz reflejada por él pasa a través de un sistema óptico o un orificio proyectándola en un plano bidimensional. Un sencillo método de formación de una imagen es realizar un pequeño orificio en una lámina opaca para que a través de la abertura pase la luz reflejada por el objeto y se proyecte en una pantalla. Éste es el principio óptico de la cámara oscura; conocida por Aristóteles (384- 322 a.C.), el óptico árabe Alhazen (965- 1038), Roger Bacon (1214- 1294) o por el humanista Leonardo da Vinci (1452-1519), que describió en sus apuntes su proceso: *“Cuando las imágenes de los objetos iluminados penetran por un agujerito en un aposento muy oscuro, recibiréis esas imágenes en el interior de dicho aposento con un papel blanco situado a poca distancia del agujero: veréis en el papel todos los objetos con sus propias formas y colores. Aparecerán reducidos de tamaño. Se presentarán en una situación invertida, y esto en virtud de la intersección de los rayos. Si las imágenes proceden de un lugar iluminado por el sol, os aparecerán como pintadas en el papel que debe ser muy fino y visto por detrás. El agujero será practicado en una chapa de hierro también muy fina.”*²¹

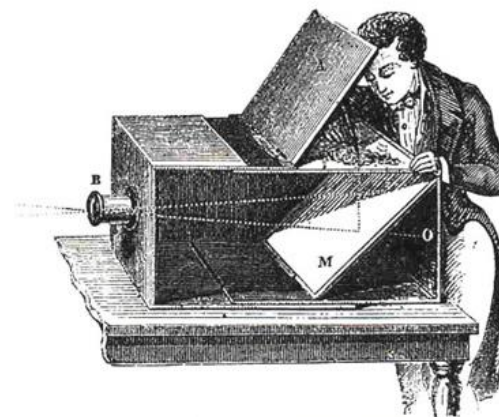
La incorporación de lentes en esta cámara, llevada a cabo por Girolamo Cardano en 1550, mejorará la visión y aumentará la luminosidad de la imagen adecuándola para el dibujo y la composición. Posteriormente la utilizarán pintores como Canaletto, Guardi o Vermeer, popularizándose su uso en el siglo XVII. La cámara oscura será la herramienta que utilizarán los precursores del nuevo medio para capturar imágenes de la realidad: la fotografía²².

²¹ Manuscrito D. de Venturi, Essais sur les ouvrages physico-mathématiques de Léonard de Vinci, París, 1797. Citado por Marie-Loup Sougez en *Historia de la fotografía*. Ediciones Cátedra 1994-Madrid. Pág. 19

²² Hockney, David. *El conocimiento secreto*. Editorial Destino. Barcelona .2001.



1. Cámara oscura portátil de Kircher, 1646



2. Cámara oscura de finales del siglo XVIII

1-2 MAGIA QUÍMICA PARA EVITAR DIBUJAR

En el siglo XIX se continuaron fabricando cámaras oscuras de distintos tamaños y formas como herramienta de ayuda a los dibujantes y pintores, éstos dibujaban a mano la imagen que se proyectaba con la intención de conservar una imagen de la realidad. La parte óptica se había solucionado a lo largo de varios siglos, interviniendo en la física de la luz, pero todavía faltaba el material fotosensible para liberar al pintor de la tediosa tarea de dibujar una escena de la realidad con todos sus detalles.

Este material fotosensible aparecerá gracias a otra rama de las ciencias, la química²³, y también necesitará siglos para perfeccionarse y convertirse en un soporte donde poder mostrar todos y cada uno de los elementos de la realidad.

Ya desde la antigüedad se conocía la acción de la luz al interaccionar con determinados materiales y sustancias. En la Edad Media, cuando los alquimistas encontraron las propiedades de las sales de plata denominaron al cloruro de plata *luna*

²³ La química aparecerá en el siglo XVII heredera directa de las prácticas alquímicas, farmacéuticas y metalúrgicas, adquiriendo suficiente coherencia e identidad como para mantener una tradición didáctica vigorosa y continua. Navarro, Víctor. *Historia de la ciencia*. Colección Austral. Espasa Calpe. Madrid. 2003. Pág. 394

cornatta, sin embargo no será hasta el siglo XVIII cuando se comiencen a estudiar las distintas combinaciones de las sales de plata con otros elementos de forma metódica. En 1725, el médico alemán Johan Heinrich Schulze (1687-1744) descubrió que las sales de plata eran sensibles a luz de manera accidental. Intentando producir fósforo, Schulze roció yeso con ácido nítrico que casualmente contenía plata, observando que al exponerlo a la luz adquiría una tonalidad violeta. Carl Wilhelm Scheele (1742-1786) demostró posteriormente que el negro producido por la acción de la luz en la *luna cornatta* era plata reducida. Continuando con las investigaciones de Scheele el científico Jean Senebier (1742-1809) medirá las variaciones en el oscurecimiento del cloruro de plata en función del tiempo de exposición a la luz y con estos datos realizará una escala sensitométrica.

El científico británico Thomas Wedgwood (1771-1805) incluyó en sus experimentos con sales de plata la cámara oscura insertando en ella una placa emulsionada con nitrato de plata; sin embargo los resultados eran insatisfactorios debido a los breves tiempos de exposición por lo cual decidió, en compañía de su amigo el científico Humphrey Davy (1778-1829), realizar siluetas de objetos colocados encima de la emulsión²⁴ sin embargo las imágenes obtenidas desaparecían rápidamente al no estar fijadas.

Simultáneamente los hermanos Nicéphore y Claude Niépce investigaban en Francia la posibilidad de registrar la imagen proyectada por una cámara oscura en una piedra litográfica evitando así tener que dibujar sobre ella el motivo. El abandono de la investigación de Claude por motivos profesionales coloca a Nicéphore Niépce (1765-1833) al frente de la investigación,

²⁴ Esta técnica la utilizará poco después Fox Talbot (1800-1877) recibiendo posteriormente el nombre de fotograma. Consiste en colocar objetos encima de la emulsión y exponerlos a la luz, en función de la opacidad de los objetos quedará su huella en el papel al oscurecerse éste por la acción de la luz.

comunicando a su hermano Claude sus progresos a través de misivas²⁵. En una de estas cartas fechada el 5 de mayo de 1816 Nicéphore escribe a su hermano:

*“Coloqué la máquina en el cuarto donde trabajo según el procedimiento que conoces, querido amigo mío, y vi en el papel blanco toda la parte de la pajarera que se puede vislumbrar desde la ventana y una leve imagen de ésta que se hallaba menos iluminada que los objetos exteriores (...) esto no es más que un intento aún muy imperfecto. La posibilidad de pintar de esta manera me parece prácticamente demostrada... Lo que habías previsto ha ocurrido, el fondo del cuadro es negro y los objetos son blancos, es decir, más claros que el fondo.”*²⁶

Posteriormente Niépce intentará invertir el orden de las luces y las sombras e incluso añadir color sabiendo la dificultad que esto conlleva. Estudiando las investigaciones llevadas a cabo por Senebier sobre la acción de la luz en diversas resinas á Niépce se le ocurre utilizar el betún de Judea con la intención de obtener una imagen positiva. El betún de Judea lo disolvió en aceite de espliego, sensibilizando con la mezcla una placa de peltre que introduciría en la cámara oscura para realizar impresiones directas de la realidad. De esta manera Niépce realizó la fotografía conocida considerada la más antigua: *Punto de vista desde la ventana del Gras*, fechada en el año 1826.

²⁵ Gracias a estas cartas los historiadores han logrado seguir los progresos de este primer procedimiento fotográfico. Parte de esta correspondencia se encuentra en el Museo Niépce en Chalon-sur Saône. Para más detalles véase N. Niépce Correspondance 1816-1829 I) Lettres 1816-17. Correspondance conservée au Musée de Chalon-sur Saône II) Correspondance 1825-29, Rouen, Pavillon de la Photographie vol.I, 1973; vol.II 1974. Citado en Sougez, Marie-Loup. *Op. Cit.* Pág. 32

²⁶ Citado en Sougez, Marie-Loup, *Op Cit.* Pág. 34



3. Niépce. *Punto de vista desde la ventana del Gras*. 1826

Nicéphore Niépce recibe en ese mismo año una carta del pintor Louis-Jacques Mandé Daguerre (1787- 1851) interesándose por sus investigaciones e incitándole a colaborar con él, finalmente se asoció en 1829 formando una sociedad junto a Daguerre; en ella se reconocía a Niépce como el inventor de la *heliografía*, nombre que se había dado a las primeras imágenes obtenidas por él, Daguerre sólo había mejorado la cámara oscura y se comprometía a ayudar a perfeccionar la *heliografía*. El método utilizado por Niépce fue mejorado en compañía de Daguerre al utilizar yoduro y, a la muerte de Niépce, en 1833, Daguerre lo denominó *daguerrotipia* en honor a su nombre y ofreciéndoselo al político y científico François Arago,

éste lo dio a conocer abiertamente el 19 de agosto de 1839 en una sesión de la Academia de Ciencias de Paris a la cual fueron invitados los miembros de la Academia de Bellas Artes.

En su origen la fotografía integraba el arte y la ciencia de una manera natural, siempre se había pretendido aprehender la realidad, artistas y científicos la habían explorado durante siglos interpretándola de distintas formas, sin embargo el daguerrotipo la mostraba de una manera objetiva, o eso era lo que se creía.

*“Aragó brindaba el descubrimiento al mundo
y vaticinaba el partido que se podría sacar de
la fotografía tanto en el campo del arte como
de la biología, de la arqueología, de la
meteorología o de la astronomía.”²⁷*

El daguerrotipo será el proceso utilizado durante los veinte años siguientes. Consistía en pulir, con una mezcla de piedra pómez y aceite de oliva, una placa de cobre plateada y exponerla a vapores de yodo para fotosensibilizarla al formarse yoduro de plata. Se colocaba en el interior de la cámara oscura y se exponía, en función de la luz de la escena, para posteriormente ser revelada con vapores de mercurio y fijada con sal común. La imagen resultante era positiva o negativa en función del ángulo de incidencia de la luz.

²⁷ Sougez, Marie-Loup, *Historia de la fotografía*. Ediciones Cátedra. Madrid 1994. Pág. 57. En él se cita una crónica detallada del proceso publicada el 14 de octubre de 1839 en el diario New York Star. Pág. 60



4. Louis Mandé Daguerre (1787- 1851)



5. Joseph Nicéphore Niépce (1765- 1833)

1-3 UN NEGATIVO MUCHOS POSITIVOS

William Henry Fox Talbot (1800-1877) realizó su primera imagen fotográfica en papel en el año 1835; para ello tuvo que compaginar, de la misma forma que Niépce y Daguerre, dos técnicas ya conocidas: la cámara oscura y el cloruro de plata. Física y química. Será el científico Michael Faraday quien presente sus fotografías en una sesión de la Royal Institución de Londres en 1839 reivindicando la prioridad del invento sobre el daguerrotipo. Aunque éste no se había presentado en público aún, ya se conocía el invento en los círculos científicos europeos gracias a la comunicación, en una sesión de la Academia de Ciencias, de François Arago:

“el señor Daguerre ha descubierto unas pantallas especiales en las que la imagen óptica deja una imagen perfecta”²⁸.

La ponencia tuvo lugar en París el día 7 de enero de 1839. Fox Talbot denominó a su invento *Calotipo* y su procedimiento²⁹ es muy distinto al daguerrotipo, al obtenerse una imagen negativa una vez finalizado el proceso de obtención de la imagen. Sin embargo, el método de Talbot permitía realizar múltiples copias de un único negativo y conceptualmente predominará durante todo el tiempo que dure la fotografía fotoquímica, (actualmente mal denominada analógica), justo hasta la aparición de la fotografía digital a finales del siglo XX. Nociones como imagen latente, revelado o fijador³⁰ se añadirán al negativo fotográfico y marcarán el proceso fotográfico desde el inicio de la fotografía hasta nuestra época, donde cualquier registro visual o auditivo es convertido en una señal digital facilitando así su clasificación, almacenamiento y distribución.

Niépce, Daguerre y Fox Talbot son considerados los precursores de la imagen fotográfica; no obstante, hubo varios investigadores que llegaron a conclusiones similares quedando en el más absoluto anonimato como Hércules Florence (1804-1879) o Hippolyte Bayard (1801-1887) que silenció su invento, a petición de Aragó, para no perjudicar a Daguerre.

²⁸ Sougez, Marie-Loup. *Op. Cit.* Pág. 54

²⁹ El procedimiento para la realización de un calotipo es el siguiente: un papel de buena calidad se trata con una solución de nitrato de plata y yoduro de potasio y se expone a la luz dentro, o fuera, de una cámara oscura, en el se formará una imagen apenas perceptible, denominada imagen latente, ésta imagen aparecerá en su forma negativa cuando al papel que la contiene se le trate con una solución de nitrato de plata y ácido gálico, revelándose así la imagen. Para que no desaparezca cuando se visualice a la luz se fijara con una solución de hiposulfito sódico que elimina los haluros de plata no afectados por la luz. Se obtendrá de esta manera un negativo de la escena fotografiada. Para obtener el positivo se realiza el mismo proceso utilizando el negativo como base para los múltiples positivos.

³⁰ El agente fijador de la imagen, hiposulfito sódico, lo descubrió John Frederick William Herschel (1792-1871) al que también se le deben los términos: fotografía, negativo, positivo e instantánea. En Sougez, Marie-Loup. *Op. Cit.* Pág. 97

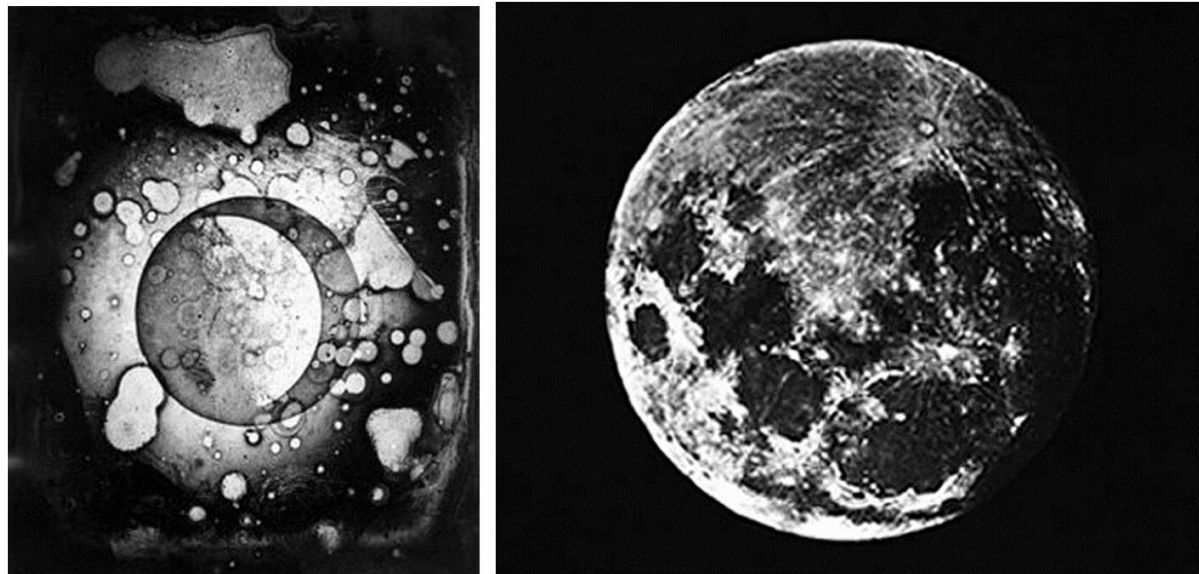


6. William Henry Fox Talbot. Calotipo, 1842

1-4 PRIMERAS IMÁGENES CIENTÍFICAS

El daguerrotipo y el calotipo iban a cambiar de una manera determinante la forma de ver el mundo y en concreto el arte y la ciencia, proporcionando las primeras fotografías científicas y aumentando las posibilidades descriptivas con respecto al dibujo, así como realizando una representación objetiva y detallada del objeto. Los fotógrafos científicos dirigían sus enormes cámaras fotográficas hacia el Sol, la Luna y los planetas conocidos del sistema solar. En un principio hubo más fallos que

aciertos al intentar acoplar las ópticas de las cámaras a los elementos de los telescopios y en disponer de un mecanismo que siguiera la trayectoria de la Luna y otros cuerpos celestes a través del espacio durante las prolongadas exposiciones fotográficas. En 1840 J.W. Draper (1811-1882) realiza fotografías de la Luna con un telescopio reflector de cinco pulgadas de apertura, los tiempos de exposición de 20 minutos, ya que se utilizaba un daguerrotipo, dieron con resultado una imagen difusa.

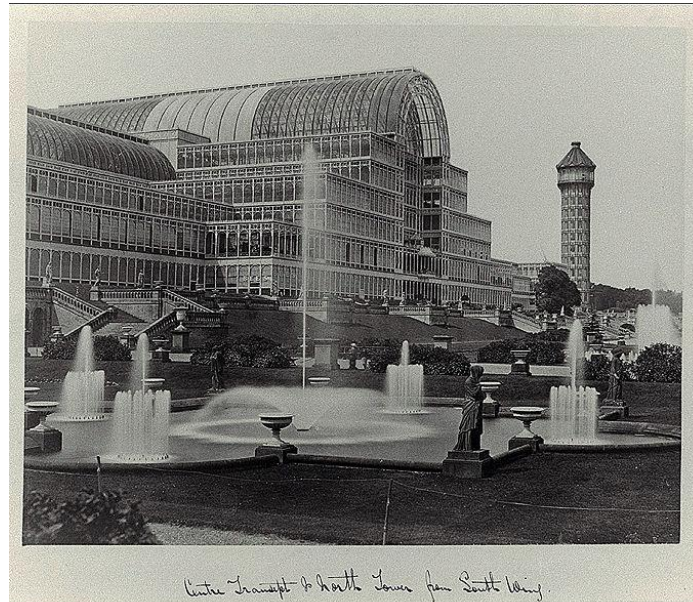


7. Primeros daguerrotipos de la Luna por J.W.Draper 1839-1840

Las primeras imágenes de la Luna con una calidad y definición suficientes fueron los daguerrotipos realizados por el científico George Phillips Bond (1825-1865) y el fotógrafo de Boston John Adams Whipple (1822–1891) durante el mes de marzo de 1851. Éstos utilizaron mecanismos de seguimiento para acoplarse al movimiento del satélite. Uno de estos daguerrotipos estuvo expuesto en la Exposición Internacional de Londres en el Crystal Palace en el año 1851.



8. John A. Whipple. *La Luna*, 1852



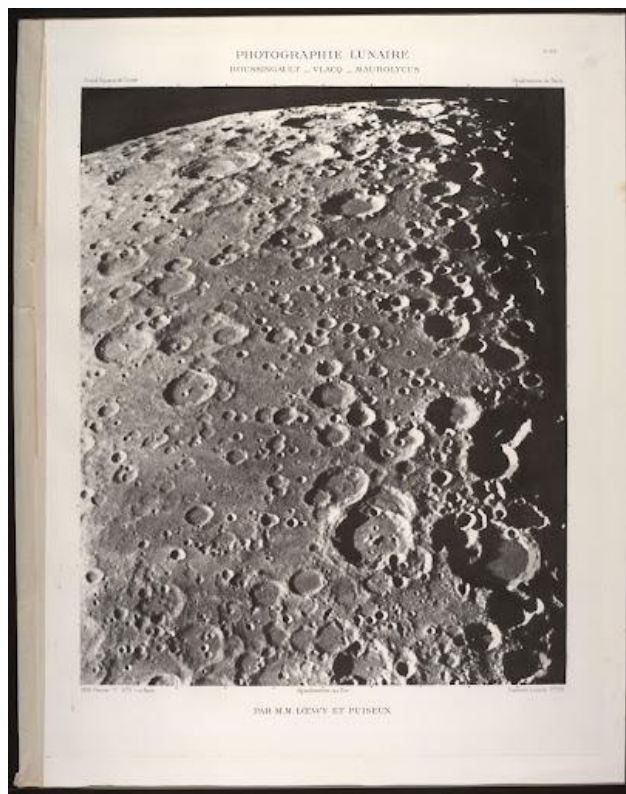
9. Exposición Internacional Londres, Crystal Palace, 1851

1-5 EL IMPULSO DE LA CIENCIA EN LA EVOLUCIÓN DE LA FOTOGRAFÍA

La aparición de un nuevo proceso fotográfico, el colodión húmedo³¹ y la introducción de lentes acromáticas especiales para telescopios supondrá un avance importante que junto con la aportación de Lewis Morris Rutherford (1816-1892), que ideó un mecanismo que capturaba mejor la luz del espectro electromagnético a la cual la placa fotográfica era más sensible, se

³¹ El gran avance en la técnica fotográfica se dará con un nuevo procedimiento denominado colodión húmedo y propuesto por Sir Frederick Scott Archer (1813 – 1857) en el año 1851. Esta técnica permitía reducir tanto los tiempos de exposición que se alcanzaba al fin la instantaneidad, revolucionando la manera de realizar fotografías e imponiéndose de tal manera que desplazará al daguerrotipo hasta su desaparición. El colodión húmedo sería el procedimiento dominante durante los siguientes treinta años; no obstante, su elaboración a la hora de obtener una imagen era muy compleja y tenía que desarrollarse con rapidez. Una vez elegida la escena a fotografiar se enfocaba y el fotógrafo se introducía en un habitáculo oscuro para preparar una placa de cristal con colodión yodurado, evitando en todo momento que se secase, la colocaba húmeda en un chasis y la situaba en el plano focal de la cámara. En función de la luz de la escena se exponía más o menos tiempo, entre 2 y 30 segundos, y se volvía al cuarto oscuro para revelarla y fijarla.

conseguirán imágenes fotográficas de gran tamaño y con una definición y nitidez nunca alcanzada. Entre 1896 y 1909 Maurice Loewy (1833-1907) y Pierre H. Puiseux (1855-1928) elaboraron el primer atlas lunar compuesto de 80 fotografías de 50x70 centímetros, no obstante las escalas en que aparecieron las tomas fotográficas eran distintas³².



10. Maurice Loewy and Pierre Henri Puiseux. *El atlas fotográfico de la Luna*, 1903

³² Más información sobre fotografía lunar en La selenografía en los siglos XIX y XX Manfred Gottwald Investigación y ciencia. Septiembre 2010 pág. 64. En 1901 se publicó el *Atlas fotográfico de la Luna* (*Photographic Atlas of the Moon*) de Le Morvan y Puiseux con fotograbados de la superficie lunar donde se podían distinguir e identificar cada uno de sus cráteres. Thomas, Ann La fotografía en pos del conocimiento. Catálogo exposición *El mundo descrito*. Comisario Pablo Llorca. Fundación ICO Madrid. 2008. Pág. 27

El desarrollo de la astrofísica a finales del siglo XIX llevó a los astrónomos a mirar más allá de nuestro satélite para observar planetas, nebulosas y galaxias distantes. Además, hacia 1865, se comenzó el análisis espectroscópico de las estrellas fotografiadas permitiendo catalogar los elementos químicos que integraban las estrellas.

La placa seca de gelatino-bromuro propuesta por Richard Leach Maddox (1816 -1902) en el año 1871 comenzó a desplazar al colodión húmedo hasta imponerse en 1882. La placa seca tenía una sensibilidad mucho más alta que el colodión húmedo y además permitían realizar largas exposiciones, el colodión al exponerse mucho tiempo se secaba y la placa se inutilizaba; este incremento en el tiempo de exposición reveló estrellas desconocidas que aparecieron de manera fortuita durante el seguimiento fotográfico de un gran cometa en el año 1882. La observación fue realizada por el astrónomo escocés David Gill (1843- 1914) que apreció en la placa fotográfica miles de estrellas que estaban ocultas a simple vista, la capacidad del negativo fotográfico para acumular luz reveló cuerpos celestes de luz muy débil y que nunca podrían ser observados de manera directa. A partir de entonces Gill comenzó a fotografiar regiones escogidas del cielo iniciándose así un atlas celeste que no estaría concluido hasta 1964.

La fotografía comienza a mostrar presencias ocultas a nuestros sentidos cambiando el modo de apreciar la realidad y de representarla. Los cambios tecnológicos realizados en el medio posibilitan nuevos modos de toma, sin embargo, el desarrollo de la física y la química viabilizará nuevos procesos y tratamientos que desembocarán en una profusión de imágenes científicas inimaginables en ese período. El arte de esta época es reflejo del progreso científico y tecnológico de la época,

donde el medio fotográfico es una muestra clara del cambio de rumbo en el arte debido al desarrollo científico acaecido, como explicaré en el siguiente punto.



11. David Gill. *Gran cometa de 1882*, 1882

2 CIENCIA Y FOTOGRAFÍA: INFLUENCIA EN EL ARTE DEL SIGLO XIX

2-1 LA IMPRESIÓN DE ATRAPAR EL FLUJO REAL DE LA VIDA

Todas las técnicas fotográficas que se desarrollaron durante el siglo XIX tienen como objetivo satisfacer el deseo positivista³³ de ofrecer una representación objetiva de la realidad. El impacto que supuso la aparición de la fotografía y la capacidad figurativa de ésta con respecto a la pintura dio una nueva dimensión al proceso pictórico en la representación de

³³ En el siglo XIX existe una actitud ilustrada herencia de la filosofía cartesiana y la Ilustración cuya idea principal es la resolución de los problemas a través de la razón. Esta postura es compartida por los filósofos idealistas (Kant, Hegel, Schelling...) y los seguidores del empirismo: positivistas y naturalistas Comte, Taine,... El positivismo encarna la concepción empirista y materialista de la racionalidad y la confianza en el progreso material y moral de la humanidad, representando un sistema general sobre la realidad.

cada uno de sus géneros. Desde ese momento la pintura comenzó a tomar como referentes los encuadres fotográficos, la instantaneidad, el uso de la luz, la captación de un momento determinado, la visión fiel y objetiva de la Naturaleza y el concepto de realismo (ver imágenes 16-17-18-19); el pintor comenzará un viaje que le llevará más allá de los límites de lo estrictamente físico desembocando en las vanguardias del período de entreguerras.

Durante el siglo XIX se desarrollaron en el arte cuatro corrientes principales: el neoclasicismo, el romanticismo, el simbolismo y el realismo. El neoclasicismo se acerca de nuevo a los valores y testimonios de la antigüedad, al arte de los clásicos, representado escenas idealizadas, con una predilección por lo noble y lo elevado, muy cercanas a la ideología del poder dominante. De la misma manera se ensalzará lo puro, lo noble y lo elevado en la corriente simbolista que se aproximará a situaciones irreales perdiendo la verosimilitud del clasicismo. El romanticismo se acercará más a lo espiritual y lo sublime, en un alejamiento de la realidad del momento, revelándose contra la corriente positivista y desconsiderando las máquinas y la industria de su tiempo.

2-2 LA REALIDAD DE UNA CÁMARA OSCURA

El realismo “*propugnaba una objetividad histórica tan extremada que sólo con la cámara fotográfica era posible*”³⁴; la observación de la realidad oponiéndose a esa idealización imaginaria de las pinturas históricas neoclásicas conduce a los pintores realistas a trasladar al lienzo todo aspecto de la realidad, no solamente lo noble o elegante ya que cualquier aspecto de la realidad es digno de ser representado por el pintor, con lo cual “*tanto los cuadros de Courbet como los de los otros realistas eran equiparados frecuentemente, de manera directa o indirecta, a fotografías, y se les consideraban tan vulgares o feos, tan*

³⁴Scharf, Aaron.*Op.Cit.* Madrid 1994. Pág. 133

*flojos y toscos e ingenuos como las imágenes producidas mecánicamente*³⁵. La ciencia y el desarrollo tecnológico, donde destaca la fotografía como una de sus innovaciones, comienzan a cambiar el arte influyendo de manera determinante en la representación final de la obra pictórica, dirigiendo la mirada hacia una realidad más rutinaria y objetiva³⁶, describiendo con la mayor precisión posible a las personas de todos los niveles sociales, sus relaciones y sus problemas cotidianos. Sin embargo, el ideal de belleza estaba tan arraigado en el arte que era muy difícil librarse de él por lo cual “*el realismo era el nuevo enemigo del arte, y se achacaba a la fotografía el haberlo criado y fomentado*”³⁷. No obstante muchos pintores utilizaron la fotografía, en lugar de los bocetos, como una herramienta de investigación y de apoyo a su obra: Manet, Ingres, Millais, Delacroix, Courbet, Degas, Toulouse-Lautrec, están entre los que la usaban de forma habitual para representar los personajes que figuran en sus lienzos, comenzado a tomar conciencia de lo que era la realidad y su representación visual.

La fotografía comenzó a situarse en el panorama artístico decimonónico sustituyendo en parte a la pintura y a la miniatura para el retrato, no obstante, gran parte de los artistas y críticos la vieron como una competidora, desarrollando hacia el medio una hostilidad manifiesta en declaraciones como las de Paul Huet que “*se quejaba de la perniciosa constante de copiar fotografías y de la importancia que se le daba al difícil detalle daguerrotípico*”³⁸; más turbadoras eran las sobradamente conocidas de Baudelaire donde:

³⁵ *Op.Cit.* Pág. 134

³⁶ La estética realista se origina principalmente por los acontecimientos políticos de 1848: el fracaso de la revolución, la represión del levantamiento de junio, la toma de poder de Luis Napoleón y la creación del Segundo Imperio. Estos hechos mostrarán el desmoronamiento de los ideales y las utopías decepcionando a los demócratas que comenzaron a dirigir su mirada hacia la Ciencia que depositaba su confianza en la experiencia empírica y en los hechos, además había comenzado a cambiar el mundo.

³⁷ *Op.Cit.* Pág. 134

³⁸ Scharf, Aaron. *Op.Cit.* Madrid 1994. Pág. 156

“un dios vengador cumplió el deseo de la multitud.

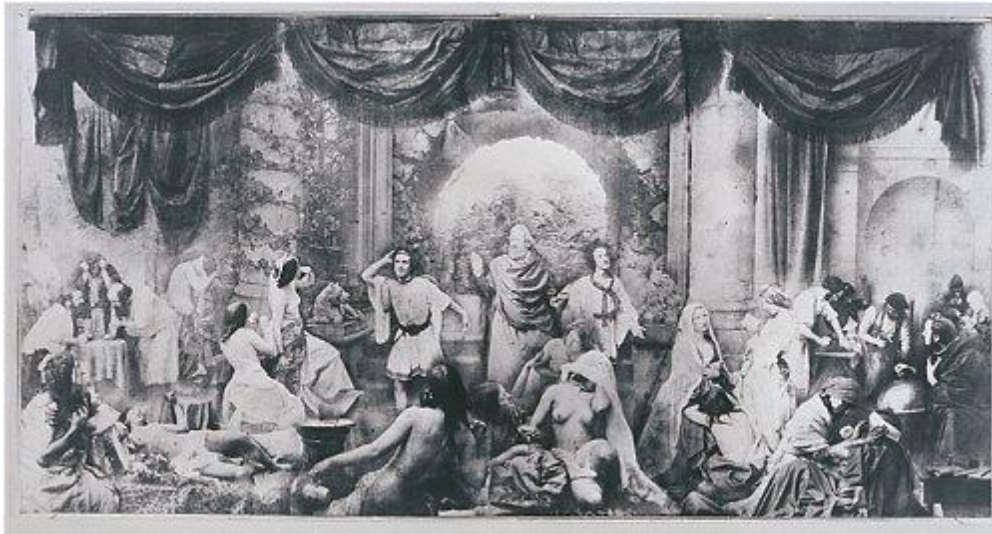
Daguerre fue su mesías. Y la masa razonó: puesto que la fotografía nos ofrece todas las garantías deseables de exactitud (...) la fotografía es el arte”³⁹.

Evidentemente la fotografía no se consideraba algo artístico al pertenecer al mundo real y objetivo mientras que el artista pertenecía a los dominios del espíritu *“si no existiese temperamento, todos los cuadros tendrían necesariamente que ser simples fotografías”⁴⁰* comentaba Zola criticando la meticulosidad excesiva de Francois Bonvin en su retrato *La Grand’ maman*.

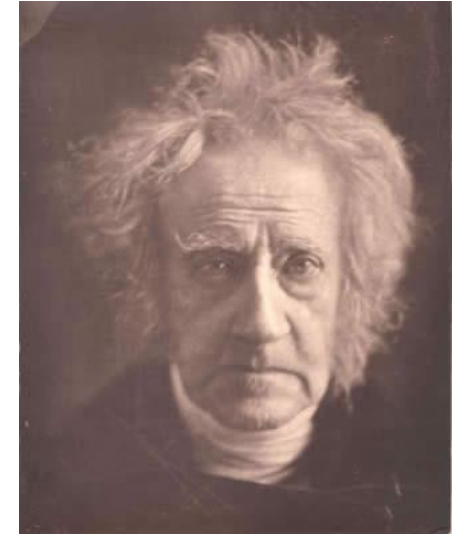
En un intento de asimilación de la fotografía con la pintura algunos fotógrafos efectuaron aproximaciones a la pintura realizando fotografías con apariencia, composición y temática pictórica, fueron los denominados fotógrafos pictorialistas: Oscar G. Rejlander (1813-1875); Julia Margaret Cameron (1815-1870) o Henry Peach Robinson (1830-1901). Pese a todo, la fotografía no estará considerada una forma de arte hasta bien entrado el siglo XX y durante el siglo XIX se hallará, dentro del arte, relegada a una simple herramienta de ayuda al artista. Incluso entre los pintores se ocultaba el hecho de utilizar material fotográfico o de dejarse influir por él; esto explicaría la escasa información sobre el uso de la fotografía en las cartas y escritos de los pintores impresionistas como expone Aaron Scharf, a pesar de que el movimiento impresionista aparece muy relacionado con la fotografía y el desarrollo científico y tecnológico de su época.

³⁹ Sougez, Marie-Loup. *Op Cit.* Pág. 344

⁴⁰ Zola, Emile citado por Scharf, Aaron. *Op.Cit.* Madrid 1994. Pág. 156



12. O. G. Rejlander. *Los dos caminos de la vida*, 1857



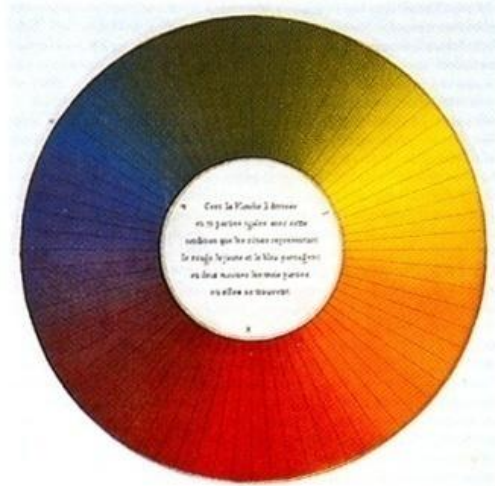
13. J. M. Cameron, *Sir J. Herschel*, 1870

2-3 CIENCIA Y FOTOGRAFÍA EN EL INICIO DE UNA NUEVA MANERA DE REPRESENTAR LA REALIDAD

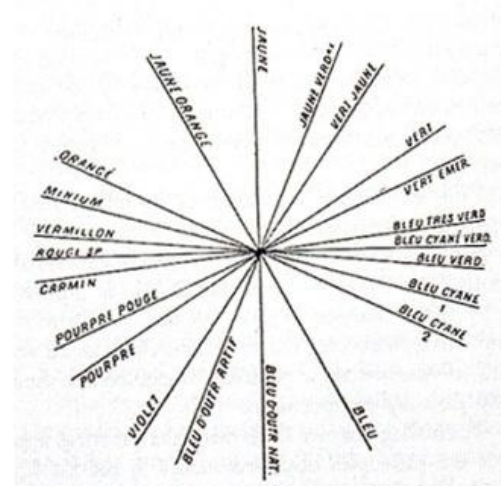
El impresionismo surge de las teorías físicas de la descomposición de la luz y del color de Michel-Eugène Chevreul (1786 -1889) profesor de química en el Museo de Historia Natural de París y autor en 1839 de *De la loi du contraste simultané des couleurs*. La descomposición de la luz blanca en seis colores del arco iris⁴¹ ordenados en círculo y colocados tal como aparecen en el espectro originaría unos colores básicos primarios: el rojo, el amarillo y el azul y otros colores básicos secundarios que surgirían de la mezcla de los primarios: naranja, mezcla del rojo- amarillo; verde, mezcla del amarillo- azul y

⁴¹ Existen Infinidad de colores cuya longitud de onda esta escalonada de manera continua entre los extremos del espectro visible (de los 400 nm a los 800 nm), Newton escogió y nombro arbitrariamente siete.

violeta, mezcla de azul-rojo. Dentro del círculo cromático, cada color primario tiene enfrenteado otro secundario dando lugar a tres parejas complementarias: violeta-amarillo; rojo-verde; azul-naranja⁴².



14. M. E. Chevreul. Círculo cromático, 1864



15. N. Rood. Contrastes complementarios, 1881

⁴² *Los objetos que vemos nos parecen, simultáneamente, más o menos luminosos y diversamente coloreados. Luminosidad y color son, de hecho, sensaciones. Su estudio (el de su influencia sobre el comportamiento humano) cae dentro del dominio de la psicofisiología. Pero el estudio de las magnitudes físicas que generan esas sensaciones corresponde a la física. Los colores naturales son, en general, complejos. Son fruto de la adición de colores simples, que un espectroscopio puede separar. La experiencia enseña que los colores pueden combinarse, efectivamente, por adición o por sustracción.* En Lévy Éli. Diccionario Akal de Física. Ediciones Akal. Madrid.1992. Pág. 164.

Existen diversas formas de obtener los distintos colores. Dos son las principales, las llamadas **síntesis aditiva** y **sustractiva**. La primera explica la forma en que podemos obtener colores a partir de luces, mientras que la segunda se aplica a la obtención de colores con pigmentos. La **síntesis aditiva** es aquella por la que se crean nuevos colores a partir de la suma de otros. Los colores primarios de la síntesis aditiva son el Azul (B), Verde (G) y Rojo (R). La suma de los 3 colores primarios aditivos (R,G,B) da blanco (W). Los colores secundarios ó complementarios de la síntesis aditiva son aquellos que se forman sumando dos colores primarios.

Otra forma de explicarlo sería la siguiente: son aquéllos que sumados a un primario, dan blanco.

Amarillo (Y), Magenta (M) y Cian (C) son, respectivamente, los complementarios de (B), (G) y (R).

La **síntesis sustractiva** parte de la luz blanca (W) y obtiene los distintos colores filtrando (es decir, sustrayendo, de ahí su nombre) la luz, por medio de filtros. Los colores primarios de la síntesis sustractiva son los secundarios de la síntesis aditiva: (Y), (M) y (C). La suma de los 3 colores primarios sustractivos (C,M,Y) da el negro (K). Los colores secundarios ó complementarios de la síntesis sustractiva son aquellos que se forman sumando dos colores primarios, y corresponden a su vez a los anteriormente denominados primarios aditivos: (B), (G) y (R).

http://recursos.cnice.mec.es/fp/artes/ut.php?familia_id=5&ciclo_id=1&modulo_id=2&unidad_id=119&menu_id=1422&pagina=&pagetoyen=2&submenu_id=1671&ncab=2&contadort=1 [23-6-09]

Los impresionistas originaban los contrastes más intensos al enfrentar colores complementarios, coloreaban las sombras del color complementario de la luz y sabían cómo se combinaban en la retina los colores yuxtapuestos; utilizaban los colores puros, sin mezclar, descartando el negro y los tonos grises y marrones, liberando la pincelada al utilizar muchas, muy cortas y similares con la intención de dinamizar la ejecución de la obra. Estas técnicas novedosas originaron un estilo colorista y luminoso que fue firmemente criticado por la pérdida de las líneas y las formas que se diluían en las atmósferas que querían retener. La necesidad de atrapar el instante, el carácter transitorio de la luz y la sombra, y el propósito de convertir una impresión momentánea en un cuadro vincula directamente al impresionismo con la instantaneidad fotográfica; al nuevo medio que representa la realidad objetiva le corresponde una nueva forma de representación pictórica acorde con su tiempo y con los avances tecnológicos de su época. Apartándose de la temática tradicional y académica los impresionistas descubrieron el paisaje urbano con sus bulevares, parques, terrazas, plazas y calles, examinando la luz a diferentes horas del día, captando el ambiente que irradiaba la ciudad y reflejando los cambios tecnológicos en las imágenes del ferrocarril, sus estaciones, sus puentes y sus tránsitos. En la naturaleza buscaron la sensación visual provocada por los elementos del paisaje trasladando el caballete del estudio al campo para percibir la luz directa del sol, más brillante e intensa que la uniforme y constante del taller. Abandonaron la mirada sentimental y sublime de la escuela de Barbizon y de los pintores románticos para capturar fragmentos e instantes de la cotidianidad. La fotografía estaba presente en la intención de fijar permanentemente los efectos efímeros de la realidad renunciando a la anécdota literaria o histórica de la pintura neoclásica.

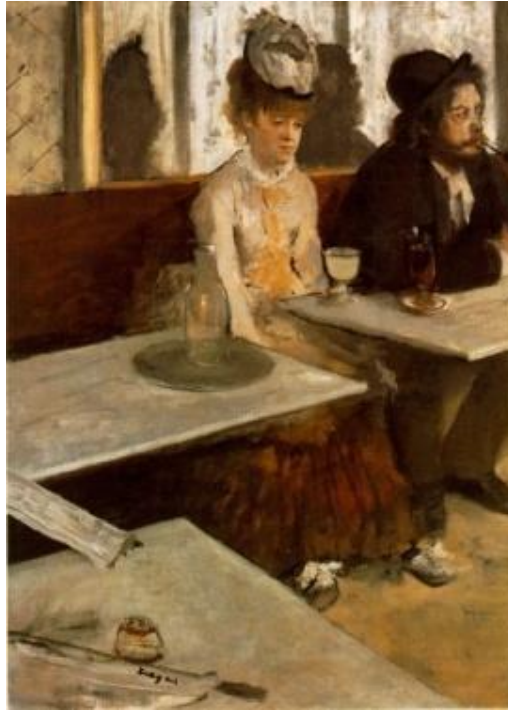
Es interesante destacar que la primera exposición impresionista se celebró en el estudio de un fotógrafo, Gaspard-Félix Tournachon conocido como Nadar (1820-1910), en el número 35 del bulevar des Capucines de París el 15 de abril de 1874. En esta primera exposición participaron treinta artistas muy dispares pero con un punto de vista común, muy influenciado por los cambios científicos, tecnológicos y sociales del momento. En la obra de los impresionistas más radicales, Monet, Pissarro y Sisley, se pueden apreciar estas influencias; no obstante, existen otros pintores alejados de las posturas más radicales del impresionismo que igualmente están seducidos por estos cambios en la vida moderna. Edgar Degas (1834-1917) describe en sus lienzos una sociedad urbana en composiciones dinámicas y muy audaces, enfatizando la instantaneidad y el encuadre fotográfico con puntos de vista y perspectivas inusuales para la época. Sus composiciones producen inestabilidad en la obra ya que suelen ser asimétricas, en diagonal, con desplazamientos y cortes en las figuras, que en ocasiones aparecen fragmentadas creando un efecto de impresión casual, instantánea, como en una fotografía que reproduce la fugacidad del momento.



16. Monet. *Puente japonés*, 1895-96



17. Camille Pissarro. *Boulevard Montmartre, efecto de noche*, 1897



18. E. Degas. *La absenta*, 1876



19. E. Degas. *Ensayo*, 1873

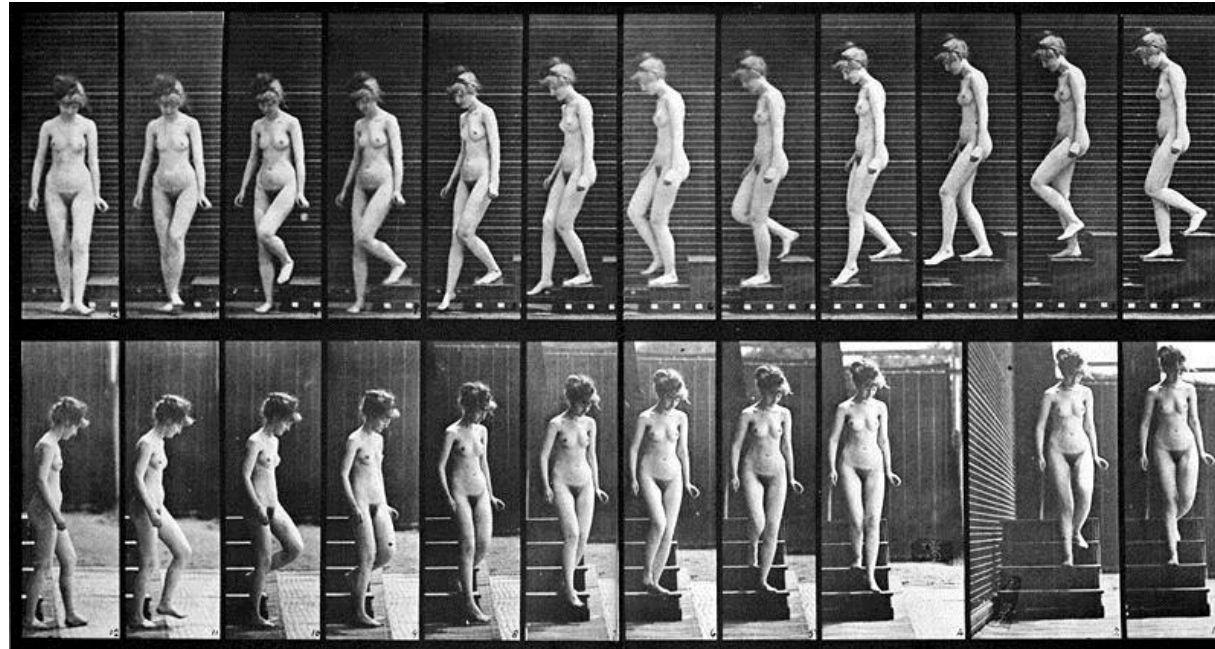
2-4 LA NATURALIDAD DE UNA YEGUA AL GALOPE

Uno de los cambios más importantes se produjo en la representación del movimiento gracias a las investigaciones y el trabajo sobre la descomposición del movimiento llevado a cabo por Eadweard James Muybridge (1830-1904). En San Francisco, en el año 1878, Muybridge fotografió a la yegua Sallie Gardner al galope a través de veinticuatro cámaras colocadas en línea, en ellas había introducido placas de colodión húmedo que producían velocidades de obturación de una milésima de segundo gracias a su alta sensibilidad. Por medio de un complejo sistema los obturadores eran accionados por el animal a su

paso quedando así registradas las imágenes consecutivas de los diversos momentos de su paso. La serie de fotografías modificaría de manera radical la representación del movimiento en la pintura al mostrar una realidad muy distinta a la representada por los artistas, los cuales solían dibujar al caballo, en el momento álgido del galope, con las patas delanteras estiradas hacia delante y las traseras hacia atrás; las fotografías mostraban ese momento con todas las patas del animal en el aire pero recogidas debajo del vientre. La fotografía congela los rápidos movimientos que el ojo humano no tiene capacidad para observar, revelando aspectos de la realidad que permanecían ocultos hasta entonces.



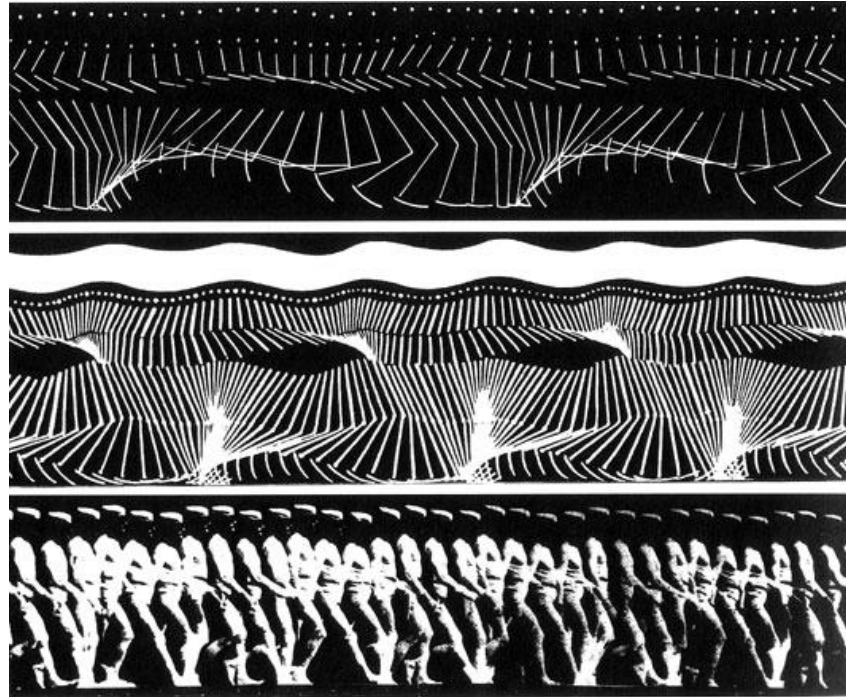
20. Muybridge. *Sallie Gardner al galope*, 1878



21. Eadweard Muybridge, *Desnudo descendiendo una escalera*, *Animal Locomotion*, 1887

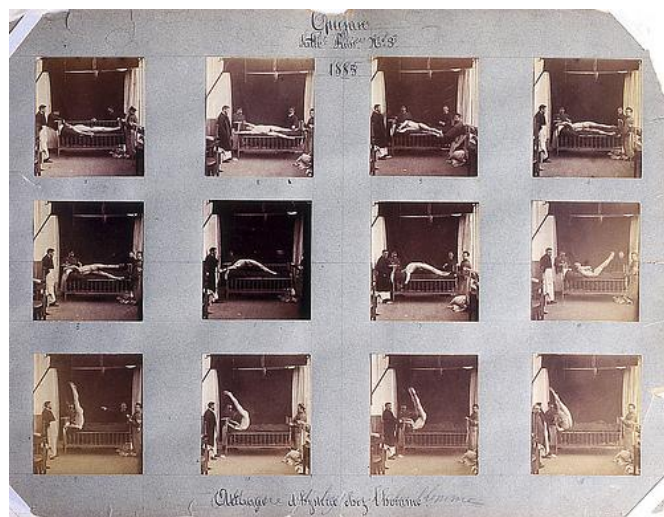
La difusión del trabajo de Muybridge en publicaciones científicas como *Scientific American*, donde aparecieron dieciocho dibujos realizados sobre las fotografías de Muybridge, o *La Nature* que mostraba reproducciones de las fotografías, inspiró al fisiólogo francés Étienne-Jules Marey(1830-1904) que llevaba varios años investigando el movimiento fisiológico, Marey ideó una cámara que obtenía en un sólo negativo fotográfico el proceso de desplazamiento de un ser vivo, su condición de científico le llevó al desarrollo de diferentes prototipos y recursos fotográficos con la intención de registrar cualquier tipo de movimiento resaltando las líneas de trayectoria de los cuerpos. Además, inventó una técnica que denominó cronofotografía, en la cual se mostraba cada fase del movimiento en su posición espacial en relación con las demás fases y todo en el mismo negativo. Las

fotografías resultantes influirán determinadamente en la evolución de algunos de los ismos del siglo XX interviniendo directamente en obras de artistas como Bragaglia, Boccioni, Balla, Malévich, Duchamp,..., como se tendrá ocasión de analizar posteriormente.

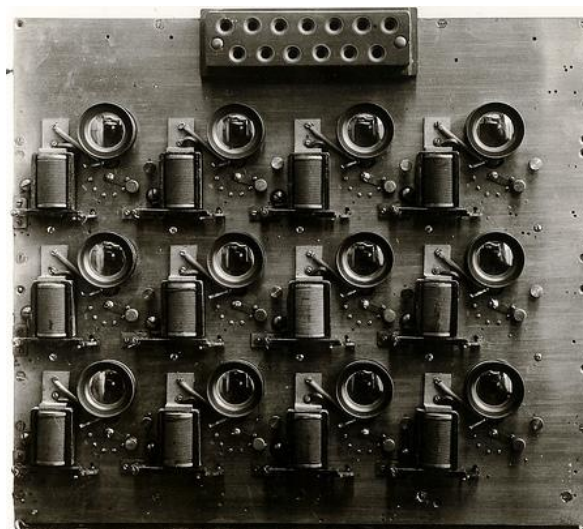


22. É.-J. Marey. *Sucesivos pasos del movimiento de un hombre caminando*, 1882

Asimismo se entusiasmaron con las fotografías de Muybridge multitud de artistas y científicos como el pintor realista norteamericano Thomas Eakins (1841-1916), que con ayuda de Muybridge diseñó una cámara idéntica al fusil fotográfico de Marey para realizar secuencias fotográficas de atletas, o el médico francés Albert Londe (1858-1917) que realizó varios estudios fotográficos de la anatomía humana en movimiento utilizando una cámara de doce lentes diseñada por él mismo.



23. Albert Londe. *Histeria, La Salpêtrière*, 1885



24. Albert Londe cámara de 12 lentes

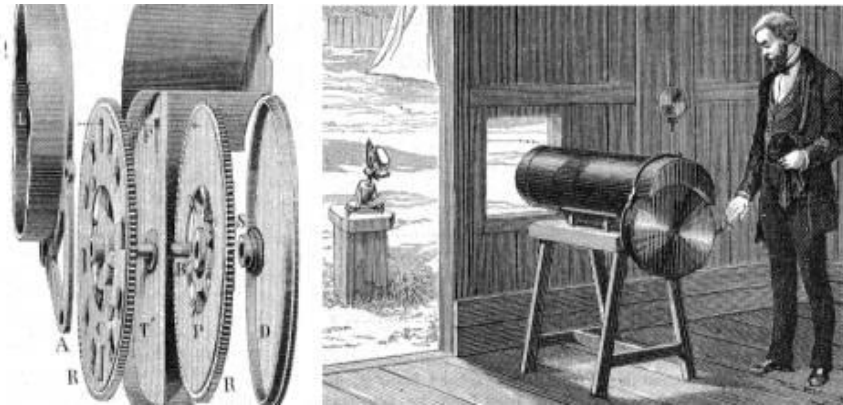
Arte y ciencia dialogaban, se influían y descubrían de la mano el mundo y su representación; se volvía imprecisa la línea que separaba el arte de la ciencia fusionándose con la intención de conocer la realidad.

En la obra de Degas comenzaron a aparecer figuras de caballos galopando de forma convencional y algunas pinturas que representaban bailarinas estaban organizadas en su composición de manera secuencial o aparecían bailando congeladas en el aire⁴³ como si de una instantánea fotográfica se tratara.

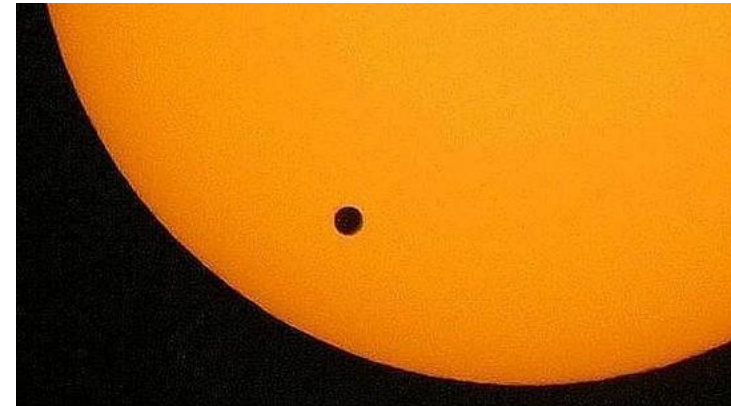
Antes que Marey y que Thomas Eakins el astrónomo francés Pierre Jules César Janssen diseñó el primer revólver fotográfico en 1874 basado en el famoso revólver Colt. El revólver fotográfico estaba compuesto de dos discos giratorios y una

⁴³ Estas escenas, cuya ejecución coincide exactamente con la publicación en París de las fotografías instantáneas de Eadweard Muybridge, que no tenían precedente, no fueron, probablemente, fortuitas. Son las primeras, y, probablemente las únicas de este tipo que se encuentran en la obra conocida de Degas, y no es improbable que sean un eco del intenso interés que había despertado en artistas y críticos la extrinstantaneidad que mostraban las fotografías de Muybridge. En Scharf, Aaron. *Op.Cit.* Madrid 1994. Pág. 217

placa emulsionada, el primero con doce aberturas que cambiaba a modo de obturador y el segundo con una sola abertura; el movimiento de los discos y la placa emulsionada posibilitaba diferentes tomas en lugares distintos de la placa, consiguiendo así una fotografía de todas las fases del tránsito de Venus en relación con el Sol y sin superposiciones, en un intento de reflejar fotográficamente el movimiento de los cuerpos celestes; lamentablemente las imágenes obtenidas eran difusas ya que los tiempos de exposición eran largos.



25. Janssen usando su revólver fotográfico, 1874



26. Último tránsito de Venus, Junio 2012. NASA

Marey mejoró el fusil fotográfico y acortó los tiempos de exposición gracias a la utilización de placas de colodión húmedo, realizando así sus famosas *cronofotografías*. El fusil fotográfico de Marey sería el antecesor de la cámara cinematográfica y el *fotopraximoscopio*, utilizado por Muybridge para la presentación de sus fotografías en la Royal Institution de Londres y donde se podían ver una serie de fotografías como un sólo movimiento continuo, era el antecesor del cinematógrafo. Sin embargo, se estaba más pendiente de los errores que se realizaban en las pinturas que en la aparición de un nuevo medio de comunicación.

La posibilidad de visualizar las fotografías en movimiento era debido a la persistencia retiniana⁴⁴ descubierta en la antigüedad y analizada científicamente en su tesis doctoral por el médico inglés Peter Mark Roget en 1824, que llegó a la conclusión de que esta cualidad o imperfección del ojo humano permite crear la ilusión de movimiento. De la combinación de la fotografía y la persistencia retiniana nacería en 1895 el cine de la mano de los hermanos Lumière. El fotógrafo Nadar manifestó en 1887 *“mi sueño es ver cómo la fotografía registra las actitudes y cambios de fisionomía de un orador a medida que el fonógrafo registra sus palabras”*⁴⁵ anticipándose a la aparición del cine sonoro.

La fotografía colisionaba con la pintura y además de ella surgiría un nuevo medio de comunicación, el cine, estos acontecimientos comenzaban a erosionar el concepto de arte transformándose radicalmente en el siglo XX.



27. Charles-Émile Reynaud, Praxinoscope



28. Cámara de cinematógrafo

⁴⁴ Si el ojo humano es iluminado por una fuente puntual de luz, cuando ésta desaparece el ojo sigue teniendo sensación luminosa. Esta sensación va disminuyendo poco a poco hasta desaparecer completamente. Por término medio, el tiempo de persistencia del ojo humano es de 50 milisegundos. Si la fuente luminosa emite pulsos de luz con suficiente rapidez, el ojo humano interpreta que la fuente de luz emite de manera continua.

⁴⁵ Citado en Gubern, Román. *Historia del cine*. Editorial Lumen. Barcelona 1989. Pág. 16.

2-5 EXPLORANDO LOS LÍMITES DE LA REALIDAD

El impresionismo experimentó cambios radicales en la obra de varios artistas, algunos de los cuales habían pertenecido al grupo impresionista. George Seurat (1859-1891), Paul Cézanne (1839-1906) Vincent Van Gogh (1853-1890) y Paul Gauguin (1848 -1903) tomaron el impresionismo como un punto de partida para realizar una profunda renovación. A estos artistas se les denominó postimpresionistas y su pintura refleja más la idea que las apariencias de la naturaleza, apartándose de la imitación directa del mundo visible y aventurándose en la representación de aquello que va más allá de los límites de lo físico.

Partiendo del impresionismo Seurat elabora una pintura influida por teorías científicas sobre el color, la óptica y la fisiología, interesándose por fenómenos visuales como los efectos luminosos de luz y color, y las propiedades ópticas y expresivas del movimiento (imagen 29-30); llevado por un espíritu positivista acorde con su época, su trabajo se podría vincular al desarrollado por algunos pintores renacentistas que hicieron del lienzo un campo de exploración científica basándose en la perspectiva como nueva forma de representación espacial.

Los impresionistas representaban el proceso de percepción. Seurat lo analiza: la interpretación aproximada de la luz y el color realizada directamente al aire libre en entornos naturales por los pintores impresionistas cambiará en la obra de Seurat utilizando un método, denominado divisionismo o puntillismo⁴⁶, que le obliga a encerrarse en su taller para poder elaborar una serie de obras en las que utiliza la división del tono a base de pequeñas pinceladas en forma de punto. La utilización de los colores primarios del espectro y el aprovechamiento del contraste de los complementarios para reforzar la luminosidad del color

⁴⁶ De la división de los colores en pequeñas pinceladas separadas y que la vista fundirá por la mezcla óptica. El puntillismo es la técnica divisionista adoptada por algunos miembros del grupo postimpresionista que mediante la fragmentación de la pincelada dividían el tono en pequeños puntos de colores puros que permitían obtener a distancia un efecto óptico.

le vincula con Michel-Eugène Chevreul y su teoría del color publicada en el libro *De la loi du contraste simultané des couleurs* (técnica utilizada por los impresionistas). Además, a Seurat le influyeron las teorías sobre la visión espacial, el color y la percepción del movimiento publicadas por Hermann Von Helmholtz (1821- 1894) en su *Manual de óptica fisiológica (Handbuch der physiologischen Optik)*. En su gran lienzo titulado *Una tarde de domingo en la isla de la Grande Jatte* (1884-1886) (*Un dimanche après- midi à l'Île de la Grande Jatte*) se aprecia esa composición de puntos de colores primarios y secundarios yuxtapuestos que solamente forman una unidad óptica de formas reconocibles y matices de color cuando es observado a una cierta distancia. Esto es debido a la resolución espacial del ojo humano, que no es capaz de diferenciar dos fuentes luminosas si estas están suficientemente juntas o confunde dos colores cuando están juntos y son visualizados a cierta distancia.

*“Cuando el ojo ve al mismo tiempo dos
colores contiguos, éstos parecen extremadamente
diferentes, tanto en su composición óptica como en
la altura de su tono”*

Expone Michel-Eugène Chevreul⁴⁷. Las teorías científicas se infiltran de nuevo en el arte organizando la superficie pictórica e imponiendo una construcción lógica, el pintor parte de una corriente artística y una actitud científicista que se repetirá en varias ocasiones durante el siglo XX, como se observará a lo largo de esta tesis.

⁴⁷ Citado en Duran, Xavier. *El artista en el laboratorio*. Publicacions de la Universitat de València. Valencia. 2008. Pág. 51



29. Seurat. *Una tarde de domingo en la isla de la Grande Jatte*. (1884-1886)

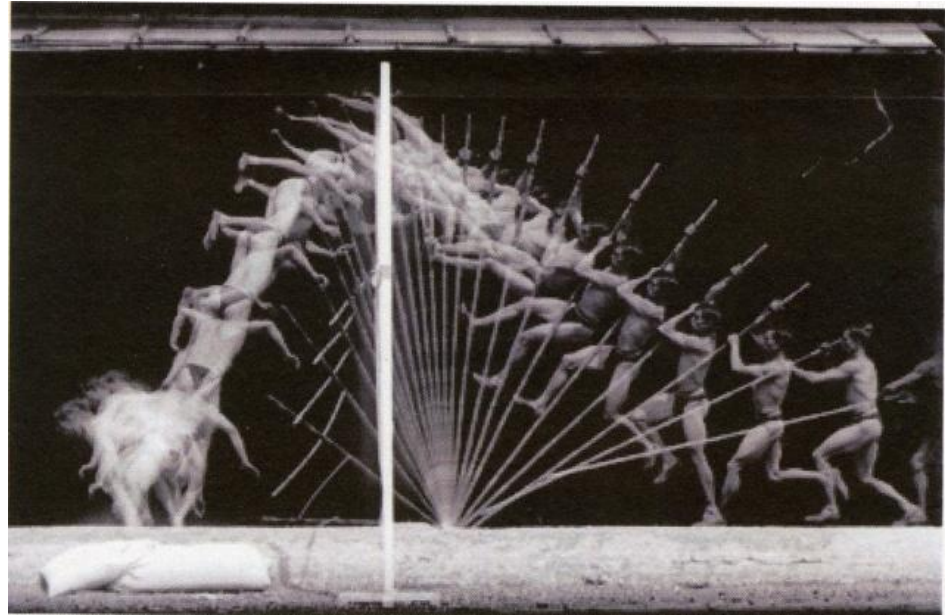
Seurat también se interesó por las propiedades expresivas del movimiento e inspirándose en la obra fotográfica de Marey realizó su obra *El jaleo (Le Chahut)* (1889-1890). En ella se aprecian patrones de movimiento que aparecen en los diagramas realizados por Marey a partir de sus cronofotografías. La fotografía científica establece las pautas a seguir para representar el movimiento y producir en el observador esa impresión “Seurat expone un cuadro curiosísimo... en el que se ha esforzado por expresar las cosas por medio de líneas. Y, ciertamente, produce una impresión de movimiento”⁴⁸ comentó Van Gogh a su

⁴⁸ Citado en Scharf, Aaron. *Op.Cit.* Madrid 1994. Pág. 245

hermano Theo en una carta. Arte, ciencia y fotografía en un mismo nivel de creatividad, dialogando e influyéndose mutuamente en un ejercicio magistral de análisis de la realidad y de la manera que la percibimos.



30. Seurat. El jaleo, 1889-1890



31. Etienne-Jules Marey. *Estudio del movimiento*, 1886

Paul Cézanne representa esa realidad efectuando una síntesis de la misma representando las formas esenciales de los paisajes y bodegones a través de figuras geométricas básicas que constituyen el orden de la naturaleza, rechazando la casualidad y el caos mediante la búsqueda del equilibrio, enfatizando la forma, que se había fundido en la atmósfera impresionista hasta desaparecer. Cézanne trabaja en un espacio pictórico constituido por planos de color que crean una

organización donde los cuerpos y los objetos se reducen a la esencia geométrica, un espacio pictórico que nos muestra una realidad nueva y colocará los cimientos de una de las corrientes pictóricas más transgresoras del siglo XX, el cubismo.



32. Paul Cézanne. *La montaña de Sainte-Victoire*, 1905

A Vincent Van Gogh también le interesaba la representación de los aspectos internos de la realidad. No obstante y en su caso, su personalidad atormentada se va a proyectar en su obra de forma directa e intensa distorsionando las perspectivas y dotando a las líneas de una expresividad nueva. Su pintura es totalmente subjetiva y muestra su estado de ánimo agitado. Su interés por la observación del cielo lo vincula tangencialmente a la ciencia, ya que para él la contemplación de las estrellas le invitaba a la ensoñación como evasión de su triste realidad. Sin embargo, su obra *La noche estrellada* de 1889 posee en su parte central una apariencia similar al dibujo de la galaxia M51 también denominada *Galaxia Remolino*, observada por primera

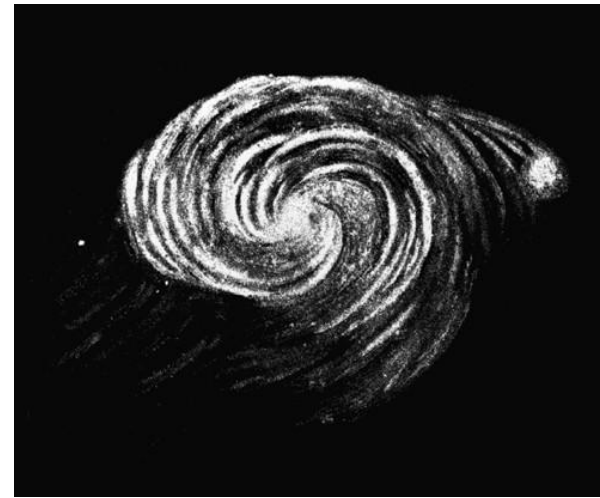
vez en 1773 y dibujada en 1845 por William Parsons, tercer conde de Rosse. Posiblemente este dibujo, publicado en el libro *Astronomie populaire* en 1879⁴⁹, fue descubierto por Van Gogh inspirándole en la representación de un paisaje nocturno donde, según su creencia, partiríamos todos al dejar este mundo, por ello el color “*pretendía conjurar el terror y ofrecer una imagen embellecida, eufemística, de la muerte como promesa de paz y vida eterna*”⁵⁰.



33. Van Gogh, *La noche estrellada*, 1889

⁴⁹ Barrow, John D. *Imágenes del cosmos*. Editorial Paidós. Barcelona. 2009. Pág. 43

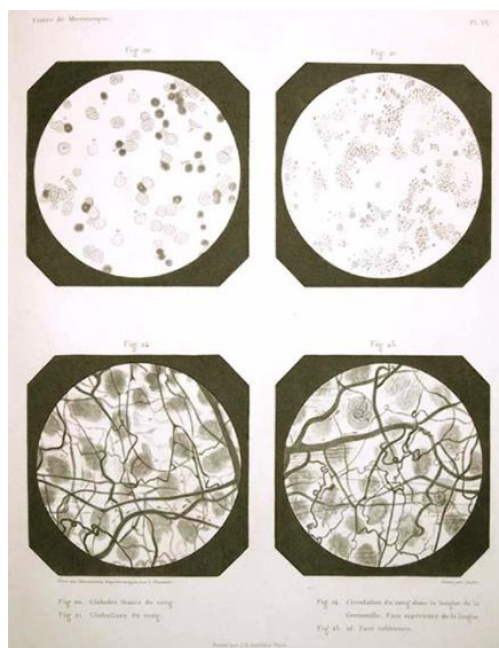
⁵⁰ Solana, Guillermo. *El inicio de las Vanguardias: del impresionismo al fauvismo*. En *Historia del Arte. El mundo contemporáneo*. Dirigida por Juan Antonio Ramírez. Alianza Editorial. Madrid. 1997. Pág. 188

34. *Galaxia Remolino*. NASA35. *Galaxia Remolino* por William Parsons, 1845

2-6 LA PLASTICIDAD DEL MEDIO FOTOGRÁFICO

La evasión de la realidad material y el rechazo al materialismo y el racionalismo de la sociedad industrial se darán en el movimiento simbolista. Enraizado con el romanticismo esta corriente representará el sueño, la evocación, el misterio, el misticismo y el ocultismo, suplantando el conocimiento objetivo de la naturaleza física por la intuición. A pesar de este distanciamiento con la realidad uno de sus pintores más destacados “*se servía del microscopio para obtener macabras imágenes de lo infinitamente pequeño*”⁵¹. Odilon Redon (1840 -1916) estaba fascinado por las formas de vida microscópicas e influenciado por su amigo, el botánico Armand Clavaud, representó en su obra gráfica y sus lienzos estas formas imperceptibles, creando mundos poblados de extrañas criaturas que expresaban los sentimientos de agitación, angustia y alienación propios del fin de siglo XIX.

⁵¹ Scharf, Aaron.*Op.Cit.* Madrid 1994. Pág.324



36. Alfred Donn . Microfotografía.1897



37. Odilon Redon. *El escaparate*, 1908

La fotografía se adapta al telescopio y al microscopio conquistando nuevos espacios poblados de mundos extraordinarios que muestran nuevas realidades al científico y al artista. Tamb n logra capturar sucesos en instantes de tiempo imperceptibles, cambiando la realidad de algunos hechos que se daban por establecidos. Además ayuda al desarrollo científico mostrando los objetos de estudio y profundizando en la investigación de la química y la  ptica.

Las teorías científicas que se desarrollaron durante este siglo influirán en el proceso industrial pero también en el artístico. Durante el siglo XIX⁵² se interpretó la idea del átomo como la unidad más pequeña de los elementos. Se comenzó a

⁵² Me referir  brevemente al campo de las ciencias físicas que va a ser el más destacado en esta tesis. Evidentemente la teoría de la evolución con el origen de las especies publicado en 1859 de Darwin, los  r genes de la genética de Mendel, las primeras vacunas, el descubrimiento del bacilo de la tuberculosis, los virus, el descubrimiento de las células que forman la materia del sistema nervioso, etc. son también descubrimientos científicos sin embargo no se analizarán en esta tesis.

intuir que materia y energía eran dos caras de la misma moneda, se unió magnetismo y electricidad desarrollándose el electromagnetismo, se ideó y demostró la teoría del campo electromagnético y la luz como forma de radiación electromagnética, se descubrieron las ondas electromagnéticas y el electrón, apareció el concepto de entropía vinculado a la segunda ley de la termodinámica, nació la espectroscopia y la astrofísica y se configuró la tabla periódica de los elementos químicos (ver 10 apéndice, puntos 10.1 y 10.2). La fotografía vuelve a ser protagonista indiscutible en el descubrimiento de los rayos x y en el hallazgo de la radioactividad.

Estos acontecimientos, y muchos más que no se han expuesto aquí, serán la base del desarrollo científico y tecnológico durante el siglo XX dando lugar a un fenómeno que nunca antes había ocurrido: la ciencia irrumpirá en la sociedad de una manera arrolladora introduciéndose en todos sus ámbitos y modificándolos. Incluso las ciencias físicas sufren una transformación sorprendente nada más comenzar el siglo XX. La metamorfosis acontecida en el arte estuvo propiciada en parte por una réplica a esa evolución en las ciencias físicas de principio de siglo XX y su reinterpretación por parte de los artistas de las vanguardias, que utilizarán los soportes artísticos habituales y comenzarán a experimentar con los nuevos medios, consecuencia de la investigación científica y el desarrollo tecnológico, que se irán introduciendo poco a poco en el panorama artístico.

3 INFLUENCIA DE LA CIENCIA EN LAS VANGUARDIAS ARTÍSTICAS DEL SIGLO XX

3-1 EL EXCEPCIONAL INICIO DEL SIGLO XX

Nada más comenzar el siglo XX sucederán, en las ciencias y el arte, una serie de acontecimientos que romperán el paradigma establecido hasta el momento sorprendiendo totalmente a artistas y científicos y cambiando el rumbo de los acontecimientos.

Durante el siglo XIX la física estaba supeditada a dos teorías que se aplicaban a distintos fenómenos: la mecánica de Newton y la electrodinámica de Maxwell. Sin embargo, en el último año del siglo XIX Max Planck (1858-1947), estudiando la radiación del cuerpo negro⁵³, llegó a una solución que al primero que le sorprendió fue a él: la emisión de energía de un cuerpo negro o el intercambio de energía entre materia y radiación no es de forma continua sino discreta o por paquetes (quanta) de energía. Albert Einstein (1879-1955) lo corroboró en su artículo sobre la cuantización de la radiación titulado *Sobre un punto de vista heurístico acerca de la creación y transformación de la luz*; en él explicaba que ciertos fenómenos que se habían observado, como el efecto fotoeléctrico, se explicaban mejor suponiendo que la luz estaba formada por partículas independientes con una energía establecida por la ley de Planck $E = h \times f$. Einstein llegó a la conclusión de que la luz se puede comportar como una partícula y como una onda, una dualidad onda-corpúsculo, colocando los cimientos de lo que sería posteriormente la teoría cuántica. No conformándose con esta teoría desarrolló un análisis del movimiento browniano

⁵³ En el lenguaje termodinámico, un cuerpo negro ideal es, por definición, un cuerpo que absorbe todas las radiaciones que recibe. Un horno dotado de una pequeña abertura es una aproximación razonable al cuerpo negro. En Lévy Éli. Diccionario Akal de Física. Ediciones Akal. Madrid.1992. Pág. 200

demostrando la existencia de partículas; y además desarrolló la teoría especial y la teoría general de la relatividad revolucionando radicalmente nuestra manera de ver el mundo físico (ver 10 apéndice, punto 10.3.1 y 10.3.2).

Estas teorías generarán dos revoluciones fundamentales distintas, una sobre la naturaleza del espacio y el tiempo, y otra sobre la naturaleza de la materia, cuestionando fundamentalmente las ideas de Newton y su noción del espacio y el tiempo absolutos (apéndice 10 punto 10.4). Igualmente se rectificó la idea de las partículas elementales como cuerpos sólidos, la naturaleza causal de los fenómenos físicos, así como la descripción ideal de una naturaleza objetiva.

De la misma manera, en el panorama artístico se desarrollarán varios movimientos que cambiarán el concepto de arte rompiéndose definitivamente con el clasicismo. Simultáneamente, tanto en la física como en el arte, se rompe con las propuestas clasicistas sustituyéndolas por nuevos modelos que van a ser la base para todo el desarrollo científico y artístico a lo largo de todo el siglo XX. Las nuevas teorías físicas darán lugar a la física moderna, las vanguardias artísticas al arte moderno. Hasta finales del siglo XIX el arte había desempeñado el papel de mostrar la realidad y de expresar los ideales religiosos, políticos y morales en un universo absoluto y estático cuyo modo de representación estaba basado en un sistema matemático–geométrico donde *“la costruzione legittima es la del espacio perspectivamente costruito, en el que el empequeñecimiento de las cosas situadas al fondo se establece geométricamente”*⁵⁴. Sin embargo, esta visión se volverá inestable y fraccionada acercándose a planteamientos teóricos muy similares a los científicos, desarrollándose una serie de obras incomprensibles para la gran mayoría al romper con siglos de tradición. En el arte estaba clara la influencia del pensamiento científico moderno y su ruptura con la concepción newtoniana del mundo. La física clásica dejaba paso a la física moderna, el arte clásico desaparecía

⁵⁴ Pochat, Götz. *Historia de la estética y la teoría del arte*. Akal /arte y estética. Madrid 2008. Pág. 218

surgiendo una nueva forma de representación cuyos primeros pasos están en la pintura impresionista y postimpresionista continuando con esa ruptura *Les Fauves*:

“Yo no quería seguir un modo convencional de pintar; yo quería revolucionar las costumbres y la vida contemporánea, liberar la naturaleza, librarla de la autoridad de las viejas teorías y del clasicismo”⁵⁵

Afirma Maurice Vlaminck (1876-1958) desafiando al orden establecido. Estos pintores, cuyo artista más representativo del movimiento que es Henri Matisse (1869- 1954), utilizaban colores puros, intensos, sirviéndose de ellos para enfatizar las formas que los impresionistas habían disuelto en sus atmósferas. Al yuxtaponerlos creaban una violencia cromática con la intención de conseguir la máxima expresividad, usando los colores de manera aleatoria alejándose de la realidad cromática de la escena. Asimismo anulaban la perspectiva geométrica otorgando al lienzo su bidimensionalidad.

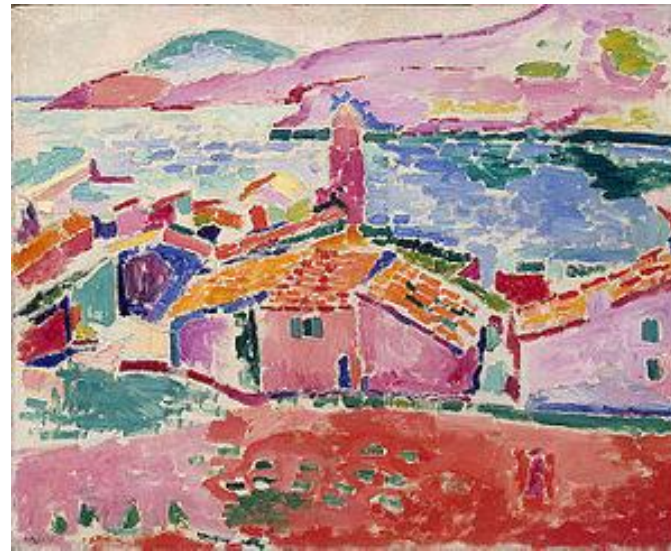


38. Piero della Francesca. *La ciudad ideal*, 1475

⁵⁵ Citado por Stangos, Nikos. *Conceptos de arte moderno*. Alianza Forma. Madrid. 1996. Pág. 17



39. Derain. *El puente de Charing Cross* , 1906



40. Henri Matisse. *Los tejados de Collioure*, 1905

3-2 ROMPIENDO EL ESPACIO Y EL TIEMPO

Sin embargo, la mayor ruptura vendrá de un movimiento que anulará definitivamente la perspectiva renacentista, el cubismo, que se adentrará en un territorio inexplorado que supera las apariencias sin perder el contacto con la realidad, ofreciendo nuevas realidades que se alejan de la figuración sin llegar a la abstracción. El cubismo llevará a cabo una investigación sobre la forma y el espacio que en un primer momento adopta la idea estructuralista que había mostrado Cézanne. Esta primera fase se denominará *analítica* o *cubismo analítico* donde las formas representadas se descomponen en elementos simples y estructurales que dan como resultado un caos de líneas geométricas entrecruzadas que representan las figuras disociadas en una multitud de planos pictóricos. Al carecer de un punto de vista único no se busca la unidad geométrica

del objeto representado porque la visión del mismo se realiza desde múltiples puntos espaciales. La luz y el color pasan a ser elementos secundarios por sus cualidades sensoriales, ya que la finalidad del cubismo analítico es reducir los objetos representados a su forma esencial y posición espacial en un intento de incorporar la dimensión espacio-temporal y el concepto de simultaneidad, primando lo intelectual frente a lo sensorial. Este procedimiento puede vincularse

“a un momento crucial de la historia de las ideas científicas, cuando Galileo se dio cuenta de que para formular una ciencia del movimiento coherente sólo debía considerar cualidades susceptibles de representación objetiva o matemática. En las ciencias físicas, esto supone incluir la velocidad, la masa y la fuerza. Se excluyen las cualidades secundarias de los objetos, como el color, el olor y otras esencias, porque no pueden representarse matemáticamente”⁵⁶.

Esta revolución la llevaron a cabo exclusivamente dos artistas: Pablo Picasso (1881-1973) y Georges Braque (1882-1963). La iniciativa fue de Picasso al realizar una de las obras fundamentales del arte moderno *Las señoritas de Avignón* (1907) donde la perspectiva está completamente transformada, prevaleciendo las líneas rectas y las formas angulosas con la intención de enfatizar el carácter expresivo de lo desfigurado, apartándose definitivamente del ideal de belleza clásico. Esta obra, que nada tiene que ver con lo realizado en el arte hasta este momento, sorprendió inicialmente a los amigos del pintor, principalmente a Braque, que al descubrirla se apartó de la estética fauvista para comenzar a experimentar con las formas

⁵⁶ Miller, Arthur I. *Einstein y Picasso. El espacio, el tiempo y los estragos de la belleza*. Tusquets editores. Barcelona 2007. Pág. 196

geométricas elementales. Desde este momento la evolución del cubismo en ambos artistas fue paralela en una mutua colaboración “en aquella época nuestro trabajo era una especie de investigación de laboratorio de la que se había excluido cualquier pretensión de vanidad individual. Es preciso entender ese estado de ánimo”⁵⁷.



41.- 42. Picasso. *Las señoritas de Avignon* 1906-1907. Estudios para *Las señoritas de Avignon*

Como desarrolla Arthur I. Miller en su magnífica investigación sobre la obra de los dos genios más influyentes del siglo XX *Einstein y Picasso. El espacio, el tiempo y los estragos de la belleza*, Picasso realizó *Las señoritas de Avignon* influido por

⁵⁷ Miller, Arthur I. *Op.Cit.* Pág. 155

los descubrimientos científicos de la época “*cualquier gran obra artística o científica bebe necesariamente de muchos campos, aparentemente inconexos*”⁵⁸. En este período, de final de siglo XIX y principios del siglo XX, los descubrimientos en el campo de la física se sucedieron unos a otros: los rayos x en 1895, la radiactividad en 1896, el electrón en 1897, la cuantización de la energía en 1900 solucionando el efecto fotoeléctrico observado en algunos materiales y las teorías de la relatividad especial y general en 1905. Las innovaciones tecnológicas transformaron la forma de percibir el espacio y el tiempo: la telegrafía sin hilos, el teléfono, los rayos x, el cinematógrafo, el automóvil, el dirigible y la luz eléctrica habían cambiado substancialmente la manera vivir. Además “*durante algún tiempo estuvo de moda entre los artistas renovadores la cuarta dimensión, la eventual presencia del tiempo en el espacio pictórico*”⁵⁹ desarrollada por el matemático y físico Henri Poincaré (1854- 1912) y donde en la representación de un mundo cuatridimensional la forma de proceder sería la siguiente:

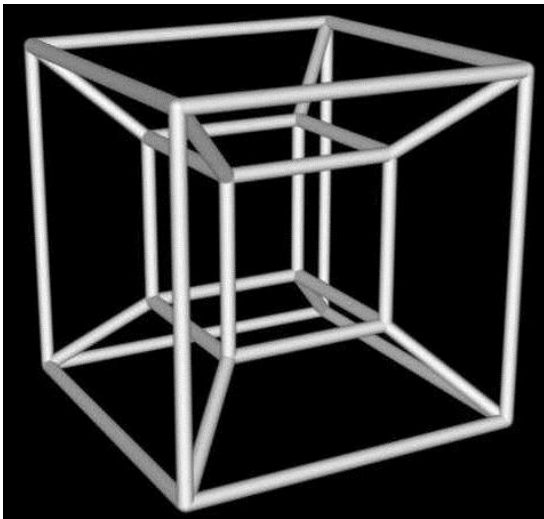
*“las imágenes de los objetos externos están pintadas en la retina, que es un plano bidimensional; son perspectivas. Pero como el ojo y los objetos son móviles, vemos sucesivamente diferentes perspectivas del mismo cuerpo, tomadas desde distintos puntos de vista [...] Así, del mismo modo que dibujamos en perspectiva una figura tridimensional en un lienzo de tres (o dos) dimensiones, también podemos dibujar una figura cuatridimensional desde diversos puntos de vista. Para el geómetra esto es sólo un juego. Imaginemos que las diferentes perspectivas de un sólo objeto se sucedieran unas a otras”*⁶⁰.

⁵⁸ Miller, Arthur I. Op Cit. pág. 148

⁵⁹ Bozal, Valeriano Apollinaire y el cubismo. En Los pintores cubistas. Guillaume Apollinaire. La balsa de la medusa. Ediciones Visor. Madrid 1994. Pág. 94

⁶⁰ Ibidem 130. En La ciencia y la hipótesis. Henri Poincaré Espasa Calpe. Madrid. 2002.

Sin embargo Picasso entendió que las distintas perspectivas se tenían que mostrar en el espacio de manera simultánea, no sucediéndose unas a otras, dando como resultado un objeto representado por distintos puntos de vista simultáneamente, surgiendo así *Las señoritas de Avignón* y la génesis del cubismo. Es probable que esa simultaneidad espacial la descubriera en las múltiples exposiciones que aparecían en las fotografías de Marey y en los rayos x. Aunque muchos historiadores del arte no están de acuerdo yo considero la tesis de Arthur I. Miller acertada concluyendo que “*el gran salto adelante de Picasso fue el establecimiento de un vínculo entre la ciencia, las matemáticas, la tecnología y el arte. A las normas aceptadas y centrarse en un marco intelectual radicalmente nuevo, tomo la ciencia como modelo y las matemáticas como guía, al igual que lo harían los físicos unos veinte años después.*”⁶¹



43. Hipercubo de 4 dimensiones espaciales

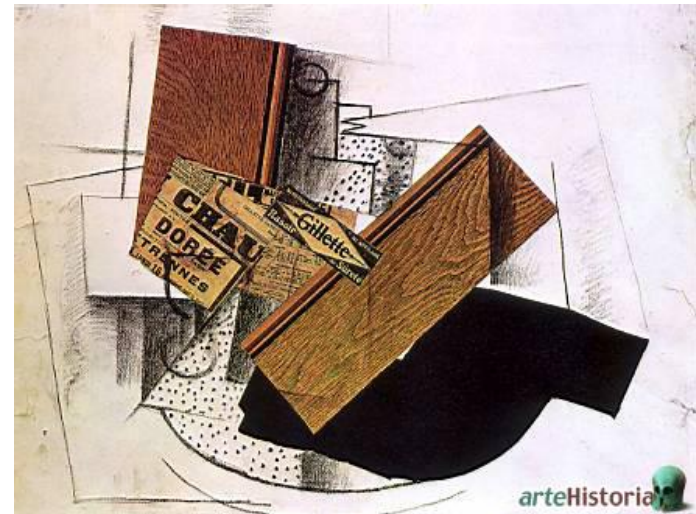
44. Braque, *Violin y candelabro*, 191045. Picasso. *Naturaleza muerta con botella de licor*, 1909

⁶¹ Miller, Arthur I. *Op Cit.* Pág. 151

La ciencia y el arte buscaban las unidades fundamentales de una realidad más profunda que era capaz de producir nuevas formas. A partir de 1911 Picasso y Braque introducirán en sus composiciones cubistas letras de imprenta, números, recortes de periódico y fragmentos de papeles pintados. La primera obra de estas características la realizará Picasso. Su *Naturaleza muerta con silla de rejilla* (1912) (*Nature morte à la chaise cannée*) incorpora una novedad introduciendo un trozo de hule impreso con un dibujo y enmarcando su perímetro con una soga de cáñamo, el cuadro comienza a desarrollarse como si de una construcción se tratase, había nacido el *collage*.



46. Picasso. *Naturaleza muerta con silla de rejilla*, 1912



47. Braque. *Naturaleza muerta*, 1913

3-3 INSPIRACIÓN CUBISTA Y TECNOLÓGICA

El cubismo influyó de manera decisiva en la gran mayoría de los artistas de las vanguardias y de él surgieron algunas variaciones. Apollinaire, en su análisis clásico *Los pintores cubistas*, destaca cuatro tendencias: el *cubismo científico*, donde los

elementos constitutivos se toman “*de la realidad del conocimiento*”⁶²; el *cubismo físico* donde se dan nuevas visiones configuradas a partir de elementos de la realidad visual; el *cubismo órfico*, donde los elementos compositivos no están tomados “*de la realidad visual sino enteramente creados por el artista y dotados por él de una poderosa realidad*”⁶³ y el *cubismo instintivo* donde la realidad pintada en el cuadro surge de la intuición y el instinto del artista. Los historiadores del arte difieren de esa clasificación centrándose en la evolución del cubismo analítico al sintético llevada a cabo por Picasso y Braque y el seguimiento y desarrollo realizado por multitud de artistas entre 1911 y 1914, que dieron como resultado dos exposiciones de referencia en el siglo XX: *El Salón de los Independientes* realizada en París en 1911, en la cual se presenta el cubismo públicamente y *El Salón de la Section d’Or* 1912, siendo la muestra más amplia de los cubistas en París. En ninguna de estas exposiciones participarán Picasso y Braque. En ellas se pudieron contemplar obras de Metzinger, Gleizes, Le Fauconnier, Leger, Delaunay, Juan Gris, los hermanos Duchamp y otros artistas influidos por el cubismo, de los que emergerán nuevas corrientes y derivaciones del cubismo como el *purismo* del pintor y arquitecto Charles Édouard Jeanneret (1887-1966), más conocido como Le Corbusier, y Amédée Ozenfant (1886-1966), que en su manifiesto titulado *Después del cubismo* defendían un nuevo ideal artístico basado en el orden y el rigor; el *tubismo*, Fernand Léger (1881-1955), representaba las figuras y los objetos utilizando volúmenes cilíndricos parecidos a tubos evolucionando a un estilo que se acerca a la abstracción y es cada vez más geométrico, reflejo de su atracción por el mundo de las máquinas “*el hombre moderno vive más y más en un orden preponderantemente geométrico. Toda creación humana, mecánica o industrial, depende de unas intenciones geométricas*”⁶⁴.

⁶² Apollinaire, G. *Los pintores cubistas*. La balsa de la medusa. Ediciones Visor. Madrid 1994. Pág. 31

⁶³ Apollinaire, G. *Op.cit* Pág. 31

⁶⁴ Léger, Fernand. *Estética de la máquina* 1924. En Chipp, Herschel B. *Teorías del arte contemporáneo*. Ediciones Akal. Madrid 1995. Pág. 300.



48. Metzinger. *Baile en el café*, 1912



49. Léger. *El 14 de julio*, 1919

El *orfismo*, término que acuñó Apollinaire en 1912, daba al color una importancia desconocida en el cubismo “*sólo el color es forma y tema*”⁶⁵ declaraba Robert Delaunay (1885 -1941) junto a su mujer Sonia Delaunay (1885-1979), utilizaba en sus lienzos una paleta de colores muy vivos organizados libremente alrededor de una estructura geométrica elemental, creando en el lienzo a través del color el ritmo y el movimiento, construyendo así unas formas alejadas de la figuración. Delaunay fusionó la composición cubista y las teorías sobre el contraste simultáneo de los colores que se originan en el siglo XIX, como se analizó anteriormente, de la mano del científico Chevreul y llevadas a la práctica por el pintor Seurat. El resultado es una

⁶⁵ Citado Chipp, Herschel B. *Teorías del arte contemporáneo*. Ediciones Akal. Madrid 1995. Pág. 334.

pintura donde se multiplican los planos luminosos de colores puros yuxtapuestos, en un intento de crear un realismo capaz de expresar las nuevas experiencias provocadas por una sociedad tecnificada e industrializada que tienen en la aviación o en el automóvil sus prototipos de máquinas capaces de proporcionar una vivencia única, alcanzando prácticamente la abstracción. Delaunay pinta en 1914 su lienzo *Homenaje a Blériot*, que logró cruzar el Canal de la Mancha con su monoplano en 1909, donde una multiplicación de discos de colores puros yuxtapuestos produce la sensación de movimiento en un espacio surcado por un ingenio mecánico en movimiento mezclando el aire y la luz. Los pintores orfistas “*estaban influidos por la ciencia, la tecnología, la literatura y la filosofía contemporáneas, así como la propia experiencia de existir en el mundo contemporáneo*”⁶⁶.



50. Robert Delaunay. *Homenaje a Blériot*, 1914



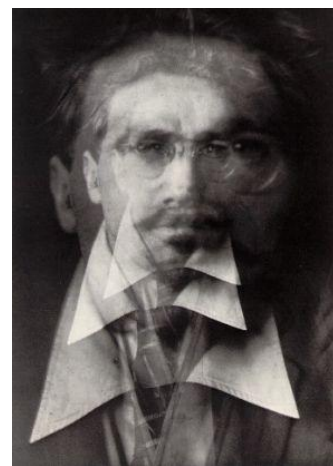
51. Sonia Delaunay. *Mercado Minho*, 1915

⁶⁶ Citado en Miller, Arthur I. *Op Cit.* Pág. 205

El pintor y fotógrafo Alvin Langdon Coburn⁶⁷ (1882-1966) experimentó con el medio fotográfico manipulando la perspectiva en base a la forma de los pintores cubistas, elaboró un dispositivo óptico basado en el caleidoscopio que le permitiera realizar tomas perdiendo la perspectiva fotográfica y cualquier referente figurativo, llegando así a una abstracción total. Estas fotografías, denominadas *vortografías* por el poeta Ezra Pound, se expusieron y publicaron en el anuario *Photograms* en 1917. Coburn continuó explorando las posibilidades de la cámara fotográfica “*la belleza de diseño que nos muestra el microscopio me parece un maravilloso campo de exploración desde un punto de vista puramente pictórico, las posibilidades de los prismas para fragmentar imágenes en segmentos todavía apenas han sido exploradas*”⁶⁸, alejándose de los discursos de la reciente fotografía documental para adentrarse en una nueva estética antecesora de lo que pocos años después iba a ser el laboratorio de experimentación de la Bauhaus.



52. A. L. Coburn. *Vortografía*, 1917



53. A. L. Coburn. *Ezra Pound. Vortografía*, 1917

⁶⁷ Coburn era miembro de la Photo-Secession liderada por Stieglitz que había establecido las bases de la fotografía moderna y en su galería de arte, la 291 de la Quinta Avenida, había expuesto Picasso, entre otros artistas.

⁶⁸ Citado por Scharf, Aaron. *Op. Cit.* Madrid 1994. Pág. 292

Muchos artistas incorporaron en alguna de sus obras aspectos del cubismo, si bien evolucionaron hacia otros movimientos como el constructivismo, el suprematismo, el futurismo o la abstracción; destacando a Marcel Duchamp (1887-1968), Francis Picabia (1879-1953), Piet Mondrian (1872-1944), Kasimir Malévich (1878- 1935), Franz Marc (1880-1916) o Gino Severini (1883-1966):

“para estos artistas, no había ninguna duda de que las revoluciones científica y estética, la modernidad tecnológica y la pictórica eran indisociables”⁶⁹.

3-4 MÁQUINAS Y MOVIMIENTO

El 20 de Febrero de 1909 Filippo Tommaso Marinetti (1876 -1944) publicó en *Le Figaro* un escrito titulado *Le Futurisme*, el siguiente año se publicó el *Manifiesto de la pintura futurista* al que le seguirán el de la escultura, en 1912, la arquitectura futurista en 1914, y así hasta los casi doscientos manifiestos futuristas escritos a lo largo de la historia de este movimiento, abordando todas las artes: poesía, novela, danza, música, fotografía, cine, teatro, etc. Los artistas relacionados con este movimiento rechazan cualquier manifestación del pasado, adoptando una estética de la vida moderna que ha sido completamente trasformada por el desarrollo industrial e identificándose con los signos más característicos de este desarrollo tecnológico: la máquina, el movimiento, la velocidad, la energía y la materia.

⁶⁹ Raynal, Maurice. *Cubism*. Edward Fry editor. Thames & Hudson, Londres. 1966. Pág. 66

Del encuentro del hombre con la máquina surge una nueva realidad plástica basada en los atributos propios de las máquinas: el orden, la precisión, el ritmo, el funcionamiento y la velocidad son trasladados al lienzo, dando como resultado unas obras en las cuales prima el concepto de simultaneidad basado en la fusión del espacio, el tiempo y el movimiento, creándose unas líneas de fuerza que otorgan a la composición dinamismo, movimiento y sensación de velocidad.



54. Balla. *Automovil en una carrera, estudio de velocidad*, 1913

55. G. Severini. *La llegada*, 1913

56. Tullio Crali. *Inmersión en la ciudad*, 1939

Los pintores futuristas utilizaron el análisis del color postimpresionista y la simultaneidad cubista con la intención de expresar movimiento y sensación dinámica, además utilizaron como fuente de inspiración las cronofotografías de Marey y probablemente las nuevas fotografías de rayos x ya que “ *fueron consideradas con toda probabilidad por esos artistas como pruebas gráficas de la insustancialidad de las formas sólidas*”⁷⁰, Anton Giulio Bragaglia (1890-1960) experimentó con la

⁷⁰ Scharf, Aaron. *Op.Cit.* Madrid 1994. Pág.283

cronofotografía publicando en 1913 un manifiesto titulado *Fotodinamismo futurista* creando una serie de fotografías futuristas en las cuales aumentaba el tiempo de exposición de la toma registrando la trayectoria del sujeto en movimiento de una manera dinámica “*de esta manera, la fotografía, adquiriendo por otros medios e investigaciones la expresión y la vibración de la vida real, y evitando el realismo obscuro, brutal y estático, ya no será esa fotografía corriente que vemos ahora, sino algo muy superior y que recibirá el nombre de fotodinámica*”⁷¹.



57. A.G. Bragaglia. *El violoncellista*, 1913



58. A.G. Bragaglia. *Retrato fotodinamico de mujer*, 1924

Estas fotografías influirán en la obra de Giacomo Balla (1871- 1958) que en su manifiesto técnico de la pintura futurista expone “*Dependiendo de la persistencia de una imagen en la retina, los objetos en movimiento se multiplican a sí mismos sin cesar; en su loca carrera, la forma cambia como rápidas vibraciones. Así, un caballo al galope no tiene cuatro patas, sino veinte,*

⁷¹ *Op.Cit* .pág. 283

y sus movimientos son triangulares.”⁷² Balla explorará la propagación de la luz por el espacio en sus *Compenetraciones iridiscentes* y representará el movimiento de los astros “cuando Marinetti asigna al arte futurista la tarea de experimentar las velocidades de los astros y de las nubes y las de las moléculas y de los átomos para poder representar lo infinitamente pequeño de la materia y lo infinitamente grande del universo”⁷³ realizando obras que reflejan la velocidad de los cuerpos celestes , así como las fuerzas de atracción existentes entre ellos.



59. Balla. *Iridiscente nº 7*, 1914



60. Boccioni. *Formas únicas de continuidad en el espacio*, 1913



61. Balla. *Dinamismo de un perro con una correa*, 1912

⁷² Citado en Chipp, Herschel B. *Teorías del arte contemporáneo*. Ediciones Akal. Madrid 1995. Pág. 313

⁷³ Lista, Giovanni. *El Cosmos como finitud. De la Cromogonía de Boccioni al arte espacial de Fontana*. En *Cosmos. Del romanticismo a la vanguardia 1801-2001* Jean Clair. Centro de cultura contemporánea de Barcelona 2001. Pág. 160

La cronofotografía también influirá en el desarrollo escultórico de la sorprendente obra de Umberto Boccioni (1882-1916) *Formas únicas de continuidad en el espacio*. Esta escultura representa la acción del cuerpo en movimiento creándose, en el espacio tridimensional, unas líneas de fuerza como prolongación de los músculos que dotan a la obra de un carácter dinámico sin precedentes. La obra de Marey y Muybridge volvía a inspirar a una serie de artistas, apoyando las bases de su discurso en la forma de ver la realidad de estos fotógrafos y científicos del siglo XIX.

3-5 EL ARTE COMO PRODUCTO DE LA MÁQUINA

Marcel Duchamp (1887-1968) se inspira también en los experimentos de Muybridge y Marey sobre el desplazamiento de los seres vivos para realizar su *Desnudo bajando una escalera (Nu descendant un escalier)* en 1912, exponiendo “*francamente que la idea de esas pinturas suyas se la dieron principalmente las fotografías de Marey y otras parecidas*”⁷⁴. En esta pintura aplica una descomposición y un cromatismo cubista, pero rechaza la construcción estática del espacio pictórico efectuada por los pintores cubistas. Esta obra no gustó a los pintores cubistas más dogmáticos siendo rechazada en el Salon des Indépendants de París en 1912. Este rechazo contribuye al abandono del cubismo, y posteriormente de la pintura, por parte de Duchamp iniciando una nueva forma de arte alejada de los planteamientos formales establecidos y que se anticiparía a movimientos artísticos posteriores como el constructivismo, el arte cinético, el Pop–Art o el conceptual.

⁷⁴ Scharf, Aaron.Op.Cit. Madrid 1994. Pág.274



62. Duchamp. *Desnudo bajando una escalera n° 2*. 1912



63. Duchamp bajando una escalera. Life, 1952

En 1913 Duchamp realiza su primer *ready-made* titulado *Rueda de bicicleta sobre un taburete* en el que aparece la máquina, utilizada en alguna de sus composiciones pictóricas⁷⁵ y que es un elemento recurrente en la obra de Duchamp, como lo es también el movimiento, esta vez real al girar la rueda sobre sí misma. A este *ready-made* le seguirán otros como *Fuente*, en el que un urinario masculino firmado por R. Mutt y fechado en 1917 era presentado a la Exposición de los Independientes en Nueva York con la intención de ubicarlo en un contexto artístico, fue rechazado, no obstante

*“fue uno de los gestos más radicales de la historia del arte universal. Nada, después de esto, volvió a ser igual”*⁷⁶.

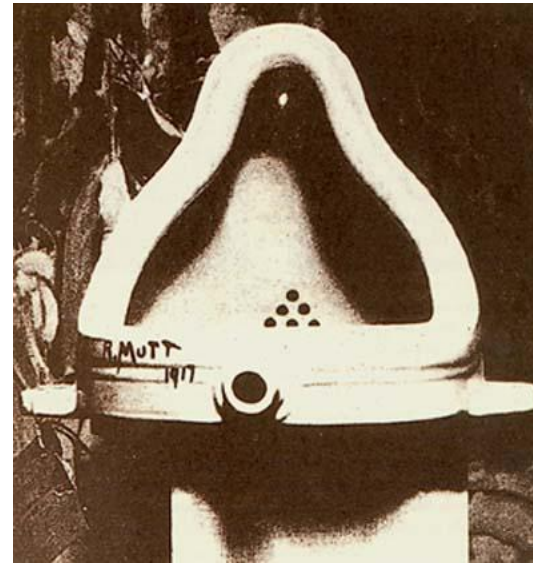
⁷⁵ En La novia 1912 Duchamp representa el interior de un cuerpo femenino realizando una combinación de elementos orgánicos y mecánicos mostrando, como si de una visión de rayos x se tratase, el interior de un cuerpo femenino y su funcionamiento como máquina biológica.

⁷⁶ Ramírez, Juan Antonio *Las vanguardias históricas: del Cubismo al Surrealismo. En Historia del Arte. El mundo contemporáneo*. Dirigida por Juan Antonio Ramírez. Alianza Editorial. Madrid. 1997 Pág. 244

El *ready-made* era un objeto producido industrialmente con una función determinada, el artista lo apartaba de su entorno funcional ubicándolo en un contexto artístico adquiriendo de esta manera un nuevo significado y alcanzado una inesperada condición estética. Duchamp se encargaba de seleccionar los objetos otorgándoles un título y la condición de obra de arte “aspiraba a desmitificar el comportamiento artístico con provocaciones humorísticas, pero también quería reivindicar la belleza perfecta del objeto industrial”⁷⁷.



64. Duchamp. *Rueda de bicicleta*, 1913

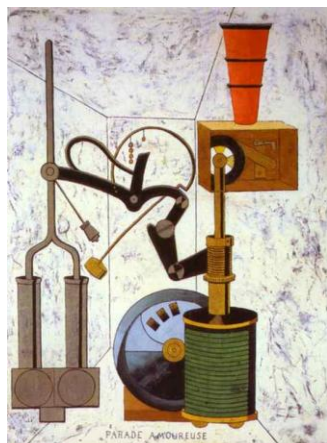


65. Duchamp. *Fuente*, 1917

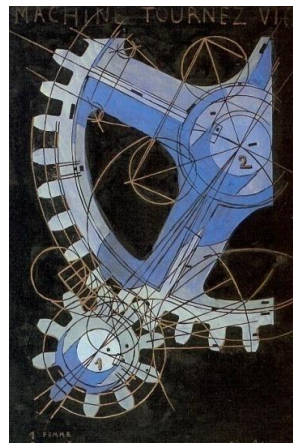
Los objetos manufacturados están cada vez más presentes en una sociedad donde la industria realiza unas producciones cada vez más sorprendentes. El ferrocarril ya deslumbró a los impresionistas y le siguió el automóvil y la

⁷⁷ Ramírez, Juan Antonio. *Op Cit.* Pág. 245

aviación⁷⁸. Se comprendió la utilidad de la elaboración de los productos fabricados en cadena y de la estandarización, ya que se abarataban costes inundando el mercado de productos que estaban al alcance de una gran mayoría. En 1912 Duchamp visita el Salón de la Aeronáutica de París acompañado del escultor Brancusi y el pintor Léger deteniéndose delante de un avión, al lado de la hélice, resolviendo “*La pintura está acabada. ¿Quién puede hacer algo mejor que esta hélice?*”⁷⁹. El impacto de la evolución tecnológica y del desarrollo industrial con la máquina como muestra lleva a Duchamp, entre otros muchos artistas, a utilizarla como modelo de representación de su tiempo, algunas veces glorificándola, como establecían los futuristas, y otras veces ironizando sobre ella como ocurre en ocasiones en las obra del propio Duchamp y otros partidarios de representar así la realidad de su tiempo, como el fotógrafo y pintor Man Ray (1890-1976) o el artista Francis Picabia (1879-1953).



66-67. Picabia. *Parade amorosa*, 1917



Maquina rapida, 1916



68. Man Ray. *Rayograma*, 1920

⁷⁸ Ford construyó el primer coche de gasolina en 1893 fundando la compañía Ford en 1903 y estableciendo su primera fábrica en Detroit en 1906 donde se construía un único modelo de coche, el Ford T, cuya producción se basaba en la organización metódica del trabajo en cadena. En 1905 los hermanos Wright recorrieron 38 km volando en un prototipo de avión que tenía un motor de explosión incorporado, la gran innovación técnica fue la hélice que permitió a los aviones ganar fiabilidad y capacidad de vuelo. El estallido de la Primera Guerra Mundial, en 1914, generalizó la producción de coches en serie y la utilización masiva de estos; el avión se usó como aparato de observaciones, de caza y bombardeo. La arquitectura levantó las primeras construcciones de hormigón armado, el desarrollo de la industria del acero permitió la evolución del armamento pesado entre otros desarrollos, la telegrafía sin hilos transformó las comunicaciones, ...

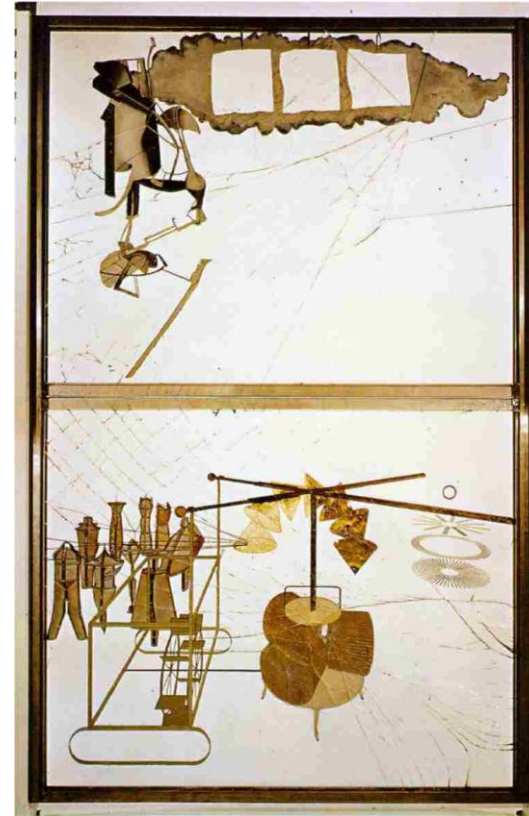
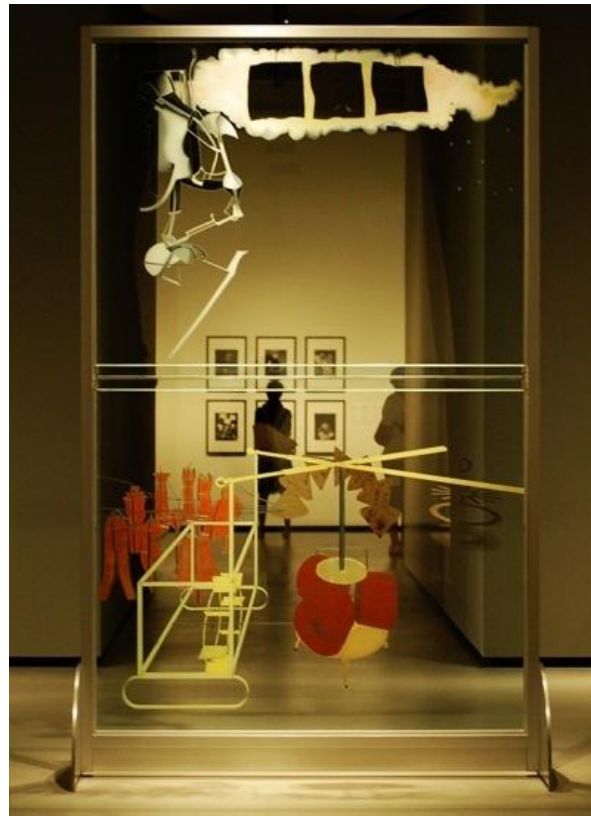
⁷⁹ Citado por Ramírez, Juan Antonio en *Marcel Duchamp. Summa Pictorica. Vol. X. De las Vanguardias a la Postmodernidad*. Editorial Planeta. Madrid 2002.

Duchamp desarrollará, lo largo de su vida artística, una obra alejada de cualquier medio de expresión artística conocido hasta el momento. Sus ready-mades marcarán una línea que convergerá una obra de grandes dimensiones titulada *La casada desnudada por sus solteros*, incluso, conocida también como *El gran vidrio*. Esta obra la comenzó en 1913 y no la concluyó hasta 1936. Su soporte no será tradicional sino dos paneles de vidrio simétricos donde utiliza diverso material constructivo: pintura, barnices, hilos de plomo, láminas reflectantes, óxido y polvo. No es ni un lienzo ni una escultura y su transparencia hace que los elementos que la componen se mezclen con el espacio expositivo donde está ubicada, esta transparencia absoluta remite a una nueva dimensión ¿la cuarta dimensión?, o una visión extendida como la de los rayos x que permiten atravesar el cuerpo anulando su opacidad⁸⁰. En la mitad superior se representa una compleja maquinaria que personifica a la novia, en el extremo inferior se encuentra el grupo de los solteros, representados también como máquinas unidas por un sistema de hilos de plomo. Cerca de los solteros está un molinillo de agua unido al molinillo de chocolate, que ocupa la parte central inferior, en relación a procesos físico-químicos que se generan en estos extraños mecanismos y que tienen como destino la novia. La complejidad iconográfica de esta obra pone de manifiesto

*“una estética que ironiza sobre el maquinismo,
dotándola de componentes subjetivos e irracionales,
a menudo de fuerte componente sexual”⁸¹.*

⁸⁰ Un autor desempeñará un papel importante en el desarrollo de Duchamp el matemático y físico Henri Poincaré, que como se vio en la obra de Picasso, los libros y artículos de Poincaré describen los cambios conceptuales aportados por el descubrimiento de los rayos x, la radioactividad, el electrón, la cuarta dimensión, etc. Según el historiador Herbert Molderings Duchamp comenzó a utilizar una variante lúdica y escéptica de la física para devaluar las ciencias racionales.

⁸¹ San Martín, Francisco Javier. “*La máquina y su sombra*”. En EXIT 31 Máquinas. Pág. 24

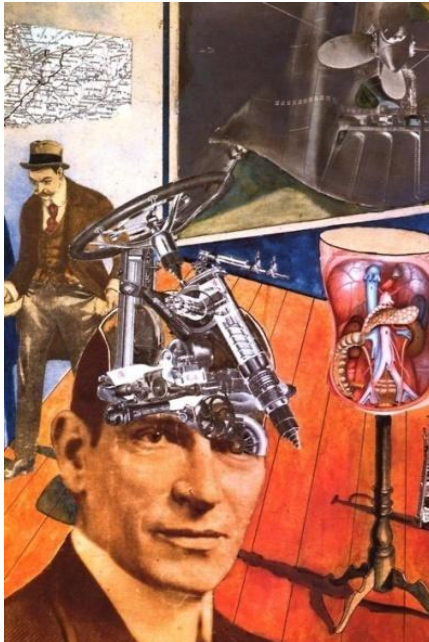


69- 70 Duchamp. *El gran vidrio*, 1923.

3-6 FOTOGRAMAS, ENSAMBLAJES Y FOTOMONTAJES

Francis Picabia también se dedicó a la realización de pinturas y collages con formas maquinistas, así como el fotógrafo Emmanuel Rudnitzki, conocido como Man Ray invocando los rayos x, que realizó fotografías y rayogramas de máquinas. Raoul Hausmann(1886- 1971) lleva acabo fotomontajes y collages donde manifiesta el espíritu mecanicista de la sociedad como *Tatlin en su casa* 1920 o su escultura–assemblage *El espíritu de nuestra época. Cabeza mecánica*, 1919.

John Heartfield (1891- 1968) usará también el fotomontaje recurriendo a la ironía, retratado por George Grosz (1893- 1959) en *Heartfield el Ingeniero*, 1920 donde se evidencia su espíritu constructivo acorde con su tiempo.



71. Hausmann. *Tatlin en su casa*, 1920



72. Hausmann. 1920 *Cabeza mecánica*.1919



73. Grosz. *Heartfield el ingeniero*,1920

Éstos y algunos artistas más pertenecían al movimiento dadaísta nacido en Zurich en 1916 del encuentro de varios jóvenes que huían de la guerra, rechazando el horror y el absurdo de aquel acontecimiento sin sentido con la intención de cambiar el orden cultural que había justificado conflictos como el que estaban viviendo. Esta necesidad de cambio radical los llevo a realizar un arte contra la lógica, el lenguaje, el arte y la ciencia utilizando la ironía e incitando al desorden, la destrucción, a la cual le sigue la construcción, y la desorganización como formas de transformación, tratando de proporcionar una nueva visión al acto creador y de concebir un hombre nuevo.

Los dibujos fotogénicos realizados por Fox Talbot en los albores de la fotografía consistían en la impresión por contacto directo de hojas, flores, dibujos y otros objetos en el papel emulsionado. Fox Talbot y Anna Atkins (1799- 1871) realizaron un trabajo de documentación científica utilizando dibujos fotogénicos para catalogar las plantas de la comarca donde Talbot vivía, realizando la primera edición fotográfica en su *Lápiz de la naturaleza* (*The Pencil of nature*); y una colección de algas y helechos que Atkins tenía catalogada.

Los movimientos de vanguardia recuperan este procedimiento para experimentar con multitud de objetos, con su luz y su sombra, denominándose *rayogramas* por Man Ray; *schadografías* por Christian Schad y *fotogramas* por Moholy-Nagy.



74. Man Ray. *Campos deliciosos*, 1910.



75. Schad. *Schadografía No 2*”, 1919



76. Heartfield. *AIZ, Viva la mantequilla*, 1935

La combinación de fotografías y negativos fotográficos, que se había manifestado en algunas corrientes del siglo XIX, fue recuperada por los artistas de vanguardia y después de la Primera Guerra Mundial los dadaístas berlineses designaron a esta

técnica fotomontaje, ya habían aparecido los collages cubistas y futuristas que incorporaban fragmentos fotográficos en sus lienzos, si bien los fotomontajes dadaístas utilizaban los fragmentos fotográficos como material estructurador de la obra vinculado directamente a la forma de producción industrial de la época, tal como expone Hausmann: *“necesitaba también un nombre para esta técnica, y con George Grosz, John Heartfield, Johannes Baader y Hannah Höch, decidimos llamar a estas obras photomontages. Esta palabra traduce nuestra aversión a representar el papel de artistas, ya que, al considerarnos ingenieros (de ahí nuestra preferencia por los monos de trabajo), háganos de construir, ensamblar nuestras obras”*⁸².



77. H. Hoch, *Cortar con cuchillo de cocina*, 1920



78. Grete Stern, *Café Concierto*, 1948

⁸² Citado por Ades, Dawn en *Fotomontaje*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona. 2002. Pág. 12

El artista se convierte en ingeniero constructor y científico investigador, tal y como se verá en el constructivismo, el suprematismo, el neoplasticismo y la Bauhaus. El desarrollo científico y la revolución tecnológica que origina se transmiten de manera natural en las formas de arte de la época. Ciencia y arte buscan nuevas formas de interpretar la realidad en un momento en el que los cambios se suceden unos a otros y

“la física había entrado en una fase de su evolución descrita por Poincaré como el desmoronamiento general de los principios, un período de duda y una grave crisis de la ciencia. La esencia de esta crisis no era tanto la desintegración de las antiguas leyes y axiomas de la física como una duda fundamental sobre la posibilidad de un conocimiento científico objetivo. El materialismo, que formaba la base científica del siglo XIX, cedía el paso a la filosofía del idealismo y del agnosticismo”⁸³.

Duchamp *“en lugar de sus inquebrantables convicciones coloca la duda; en lugar de su pasión, la indiferencia; en lugar de lo universal, lo específico; en lugar de lo pictórico, lo intelectual; en lugar de la configuración, el objeto ya existente; en lugar de la intencionalidad, el azar; en lugar de la regularidad impersonal de fuerzas naturales elementales, la arbitrariedad del ser humano; en lugar de la atribución de un gran sentido, el absurdo”⁸⁴.*

La intención de estos artistas era la utopía de un mundo nuevo donde la creación artística se realizara en la libertad más absoluta, saneando el arte y evitando los dogmatismos. Los cambios producidos a su alrededor habían modificado las formas

⁸³Mink, Janis. *Marcel Duchamp. El arte contra el arte*. Editorial Tascnen. Colonia. 1996. Pág. 43.

⁸⁴Bocola, Sandro. *El arte de la modernidad*. Ediciones del Serbal. Barcelona. 1999. Pág. 306.

de vida; los desplazamientos en ferrocarril, coche, trasatlántico, dirigible o avión; las comunicaciones por medio del teléfono, la telegrafía y la radio, las percepciones y la visión con la luz artificial, las fotografías, los rayos x, el cinematógrafo,... Sin embargo, el lado más oscuro de este desarrollo modificó la manera de combatir utilizando métodos modernos de matar en el uso del gas tóxico, fusiles de repetición, ametralladoras, artillería pesada, lanzallamas y la utilización de nuevos carros de combate y aviones. Estas innovaciones asombraron a los futuristas, al contrario que a los acogidos en el Cabaret Voltaire, para los cuales la guerra representa el final de una sociedad, basada en el materialismo y la codicia, a la que ellos pertenecen y quieren cambiar comenzando a realizar todo desde cero.

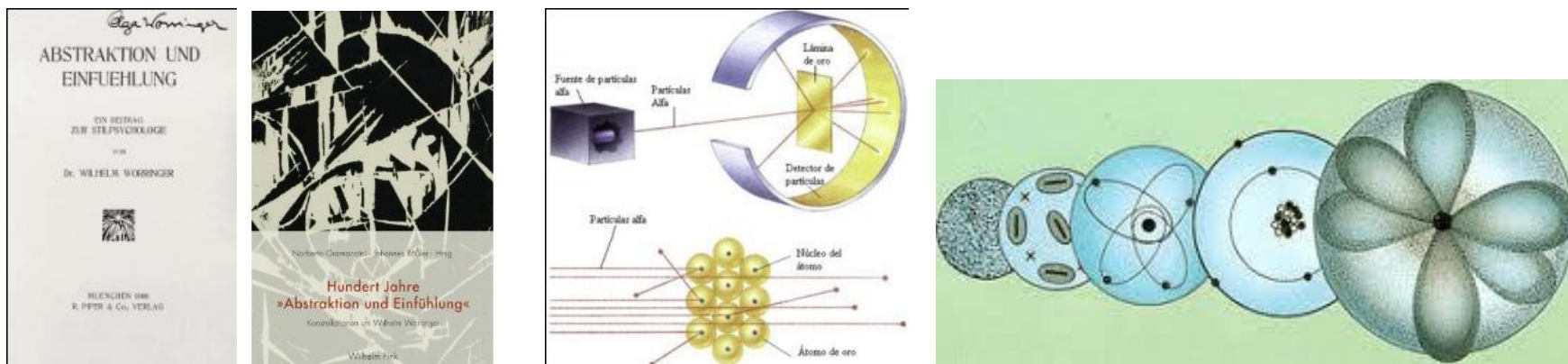
3-7 DISOLUCIÓN DE LA MATERIA, DISOLUCIÓN DE LA FORMA

La crítica al materialismo y a la ciencia, superado ya el positivismo, genera una introversión y un giro espiritual que alejará a algunos artistas de la representación de la realidad al desconfiar en las formas de un mundo incierto y cambiante, asumiendo valores universales basados en las doctrinas filosóficas y místicas, en la creencia que el arte no mostraba lo material de este mundo, sino que aspiraba a introducirnos en un ámbito más elevado.

En 1908 Wilhelm Worringer (1881-1965) *escribe Abstracción y empatía (Abstraktion und Einfühlung)* desarrollando dos ideas contrapuestas de sensibilidad artística en el hombre: abstracción-Einfühlung, donde “*el individuo introvertido mantiene una relación distante con el exterior del mismo modo que el estilo abstracto prescinde del modelo natural; el extrovertido, por el contrario, se inclina hacia la realidad sensible de similar manera a como el naturalismo se inspira en lo orgánico*”⁸⁵. Esto da como resultado, según Worringer, dos estilos opuestos: la representación naturalista y la abstracción geométrica, equivalentes

⁸⁵ Ocampo, Estela; Peran, Martí, *Teorías del arte*. Icaria. Barcelona, 1998. Pág. 49

las dos actitudes antes citadas, donde la introversión es un abandono consciente del mundo real porque “*caído del orgullo del conocimiento, el hombre [moderno] está ahora tan perdido e indefenso respecto a la imagen del mundo como el hombre primitivo*”⁸⁶.



79. Worringer. *Abstracción y empatía*, 1908 80. Experimento de Rutherford, Geiger -Marsden.1909 81. Diferentes modelos atómicos

El pintor Wassily Kandinsky (1866-1944) quedó muy desconcertado al conocer la descomposición del átomo (apéndice 10 punto 10.3.3) llevada a cabo por Rutherford:

*“el derrumbamiento del átomo equivalió, en mi alma, al derrumbamiento del mundo al completo. De pronto se desmoronaron todos los muros más sólidos. Todo se volvió incierto, precario e insustancial.”*⁸⁷

⁸⁶ Citado por Foster, Hal en *Arte desde 1900*. Editorial Akal. Madrid. 2006. Pág. 86

⁸⁷ Lindsay, K. y Vergo P. (editores). W. Kandinsky: *Complete Writings On Art*. G.K. Hall. New York 1982. Pág. 364

Viendo en la ciencia una ilusión vacía que ha roto la imagen ancestral de la realidad que se creía firmemente establecida por leyes inmutables, además de un mundo inseguro y cambiante lleno de contradicciones y absurdos, se volvió cada vez más introspectivo y espiritual aproximándose a los valores más universales asentados y despertando su interés por “*las formas del ocultismo, el espiritismo, el monismo, el nuevo cristianismo, la teosofía y la religión en su sentido más amplio*”⁸⁸. En una clara actitud crítica contra la ciencia, el materialismo y el agnosticismo el artista desarrollará sus ideas sobre el futuro del arte, que evolucionaran hacia una nueva época espiritual ya que

*“cuando la religión, la ciencia y la moral (esta última de la fuerte mano de Nietzsche) sufren una sacudida y cuando los pilares exteriores amenazan con caer, el hombre desvía su mirada de las cosas externas y la dirige hacia sí mismo. La literatura, la música y el arte son los territorios primeros y más sensibles en los que esta reorientación espiritual se hace perceptible”*⁸⁹.

Kandinsky, influenciado por Worringer y por Rudolf Steiner, fundador de la Sociedad Teosófica Alemana, conoce de las ideas de Hegel y Schopenhauer⁹⁰ y se ve fascinado por la serie de pinturas de *El almiar de heno* de Monet, que interpretó por

⁸⁸Moszynska, Anna. *El arte abstracto*. Ediciones Destino. Thames and Hudson. Barcelona. 1996. Pág 48

⁸⁹Moszynska, Anna. *Op.Cit.* 1999. Pág. 216-217

⁹⁰ Hegel escribe en 1835 Filosofía del arte en donde expone que la función más elevada del arte era expresar lo divino o el Espíritu Absoluto. Schopenhauer en *La metafísica del arte*, separa forma y materia acercando la forma a la idea desarrollando el concepto de forma abstracta.

primera vez en clave abstracta⁹¹. Se convence de la capacidad emocional del arte al relacionar diferentes tonos musicales con colores que provocaban emociones concretas⁹². Pinta su primera acuarela abstracta y teoriza sobre la abstracción en su libro *De lo espiritual en el arte* en el año 1910.



82. Monet. *El almiar de heno*, 1891



83. Kandinsky. *Murnau*, 1909

⁹¹ “de repente, vi por primera vez una pintura. Era un almiar, según informaba el catálogo. Yo no lo reconocí. El no reconocerlo me causó malestar y pensé que el pintor no tenía derecho a pintar de forma tan irreconocible. Tuve un cierto sentimiento de que faltaba el tema en la pintura. Y me percate con sorpresa y desconcierto de que la pintura no sólo me atrapó sino que se quedó impresa para siempre en mi memoria y surgía continuamente ante mis ojos con todo detalle” citado por Alarcó, Paloma *Monet y la abstracción*. Museo Thyssen- Bornemisza. Madrid. 2010.

⁹² Kandinsky acudió a la representación de Lohengrin, de Wagner, en el teatro de La Corte de Moscú en 1885 experimentando una serie de emociones que nunca le abandonarán “Los violines, los contrabajos y, muy especialmente, los instrumentos de viento personificaban entonces para mí toda la fuerza de las horas del crepúsculo. Mentalmente veía todos mis colores; los tenía ante mis ojos. Líneas salvajes, casi dementes, se dibujaban frente a mí. No llegaba hasta el punto de decirme que Wagner había pintado mi hora en música” citado por Dabrowski, Magdalena. *Composiciones. La creación de un nuevo reino espiritual*. En Kandinsky. *La disolución de la forma 1900-1920*. Fundació Caixa Catalunya Barcelona 2003. Pág. 22



84. Kandinsky. Sin título (primera acuarela abstracta) ,1910-1913

Muchas corrientes de vanguardia se habían acercado a la abstracción pero no dieron el paso definitivo de abandonar el motivo. Sólo unos pocos artistas atrevidos se decidieron a dar el salto definitivo hacia la abstracción que en su primera fase estuvo muy vinculado a corrientes esotéricas y teosóficas, ya que la abstracción pretendía ser un arte universal que aspiraba a alcanzar un ámbito más elevado y por ello no mostraba lo material de este mundo. Además “*puede que les motivara la desmaterializaron completa de los cuerpos que describía la nueva física*”⁹³. Kandinsky, al conocer la división del átomo,

⁹³ Miller, Arthur. *Op. Cit.* Pág. 206-207

comentó que “*no le hubiera sorprendido nada ver piedras fundirse en el aire y desaparecer*”⁹⁴. Estaba claro que la ciencia, de una manera u otra, estaba presente en la vida de estos artistas que, aunque no entendieran las nuevas teorías desarrolladas en el campo de la física, estaban interesados en todo lo que sucedía alrededor suyo y estaban abiertos intelectualmente a las propuestas filosóficas y científicas de su época, muchas de las cuales aparecían en publicaciones científicas ilustradas⁹⁵.

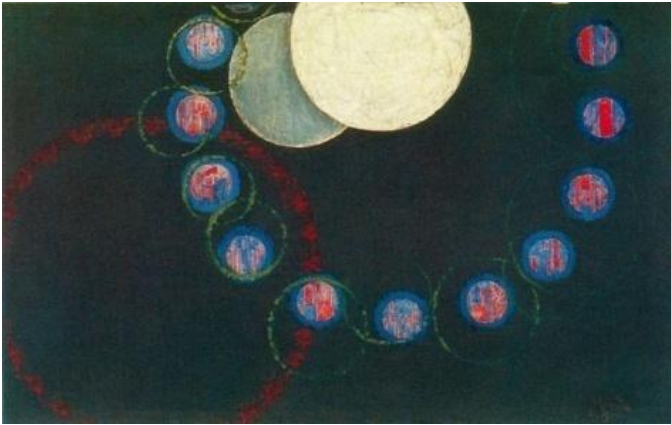
Frantisek Kupka (1871-1957), uno de los primeros seguidores de la abstracción, estaba muy interesado por los descubrimientos científicos de su época. Había estado experimentado con los rayos x, con la cronofotografía y se asombraba con las teorías de la cuarta dimensión, también poseía una faceta mística que le llevaba a sentirse atraído por los misterios cósmicos y la astrología. Influenciado por las fotografías astronómicas que se exhibían en el Palacio de los Descubrimientos de París y por las revistas científicas de la época, donde abundaban las fotografías de la Luna, los planetas y los eclipses observados por los telescopios, Kupka realizó una serie de obras pictóricas que evolucionarán de la figuración a la abstracción, y cuya temática girará en torno a los misterios cósmicos. Obras como *El primer paso* o *Primavera cósmica II* donde “*se crea una especie de cosmogonía personal abstracta que reúne formas provenientes del microcosmos y del macrocosmos*”⁹⁶ muestran que las fotografías científicas comenzaban a sugestionar a los artistas de vanguardia ya que “*reducen a pedazos el fenómeno cósmico ante nuestros ojos; fotos sorprendentes reveladoras, chocantes o diagramas gráficos y figuras móviles. Estamos*

⁹⁴ *El arte del siglo XX 1900-1949*. Jean –Louis Ferrier. Editorial Salvat Barcelona 1990. Pág 127

⁹⁵ En París- Journal 10 de mayo 1905 artículo titulado Cosas invisibles y en el mismo periódico en 1906 el propio Röntgen escribe un artículo titulado *Los rayos x*. En Le Temps y Le Matin escribían en 1907 artículos sobre la transmisión de fotografías a larga distancia; en la revista El espíritu científico se publicaba una reseña del libro La evolución de la materia de Gustav LeBon donde se destacaba que los átomos no son permanentes al transformarse continuamente en energía con lo cual todo es amorfo. En Miller, Arthur I. *Einstein y Picasso. El espacio, el tiempo y los estragos de la belleza*. Tusquets editores. Barcelona 2007. Pág. 42-43. Estos artículos publicados en revistas francesas se pueden extrapolar a publicaciones en alemán, ruso, italiano,... si bien al ser París la capital de la modernidad y la gran mayoría de los artistas pasaron por allí en su periodo de formación, es muy probable que en algún momento estas u otras publicaciones posaran por sus manos.

⁹⁶ Naubeart-Riser, Constance. *El imaginario cósmico. Del simbolismo al arte abstracto. Cosmos. Del romanticismo a la vanguardia 1801-2001* Jean Clair. Centro de Cultura Contemporánea de Barcelona 2001. Pág. 196

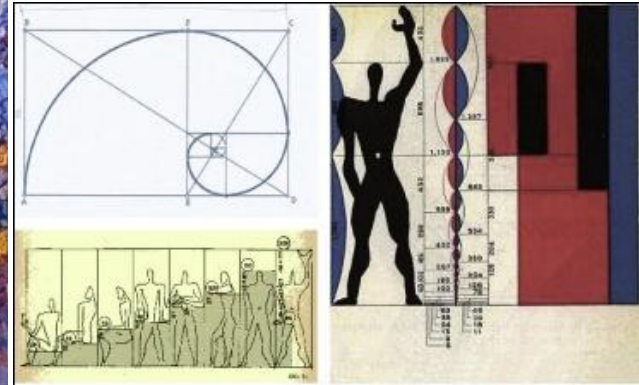
*atacando científicamente el misterio de la naturaleza*⁹⁷ reseñaba Le Corbusier acerca de las ilustraciones que acompañaban artículos en revistas científicas.



85. Kupka. *El primer paso*, 1909-1913



6. Kupka. *Primavera cósmica II*, 1913



87. Le Corbusier. *Le Modulor*, 1945

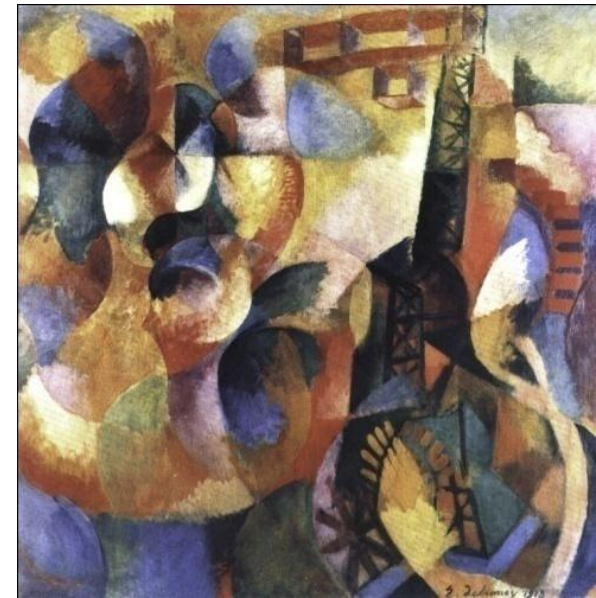
La abstracción no se puede considerar un movimiento único que obedece a un criterio estético común. Cada artista llega desde distintos movimientos a ella como el caso de Robert Delaunay, y su compañera Sonia, que partiendo del cubismo desarrollan el orfismo, como otra forma de cubismo, alcanzando posteriormente la abstracción. Kandinsky partirá del expresionismo, siendo él el primero en tener en cuenta la disolución de la forma para convertirla en abstracta de manera coherente y bien argumentada, dotando a la abstracción de un sentido y una manera de transmitir emociones.

La abstracción tiene un componente espiritual importante ya que muchos artistas se opusieron al modernismo tecnológico buscando la pureza en la naturaleza y volcando la mirada hacia su interior, comprometiendo su arte con el mundo del espíritu con la intención de conseguir una nueva forma de vida.

⁹⁷ Newhall, Beaumont. *Op.Cit.* Pág. 207



88. Kandinsky, *Composición VII*, 1923

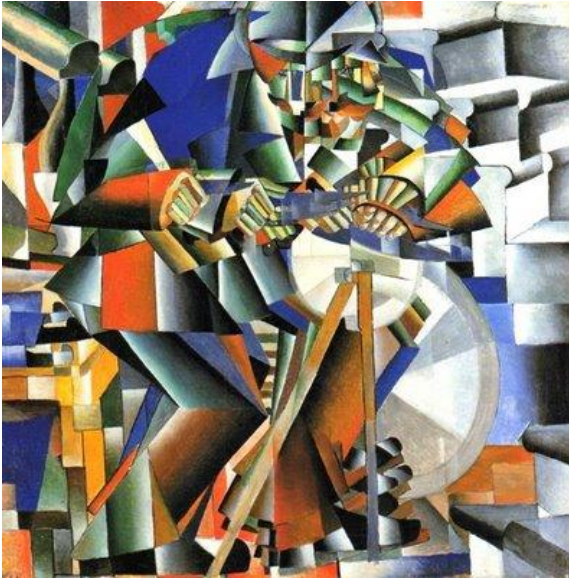


89. Robert Delaunay. *Simultáneo*, 1914

3-8 ADELANTE CAMARADAS AVIADORES

Kasimir Malévich (1878-1935) conoció las experiencias vanguardistas asumiendo las lecciones de los fauves y las nuevas formas cubistas. Su lienzo *El afilador* de 1912, muestra un dinamismo mezcla de cubismo y futurismo que recuerda a *Desnudo bajando una escalera* de Duchamp. En el año 1913 diseñó el montaje de la ópera futurista *Victoria sobre el Sol* en la cual se especulaba con los nuevos conceptos del espacio y el tiempo. Einstein había desarrollado su *teoría especial de la relatividad* demostrando una nueva dimensión espacio-temporal al suponer que la percepción del observador es relativa y la velocidad de la luz constante y utilizando conceptos como simultaneidad o alteración espacial. Esto implicaba diferentes puntos de vista y nuevas perspectivas. En la ópera el protagonista era un aviador que viajaba a través del tiempo rompiendo con los

viejos conceptos de tiempo y espacio iniciando un nuevo orden y una nueva manera de entender el Universo. Partiendo de estos movimientos realizó una transformación en su pintura imprevisible orientándose hacia una nueva abstracción que denominó suprematismo y en la que predominaban las figuras geométricas.



90. Malevich. *El afilador*. 1912



91. Malevich, *Diseños Victoria sobre el Sol*, 1913



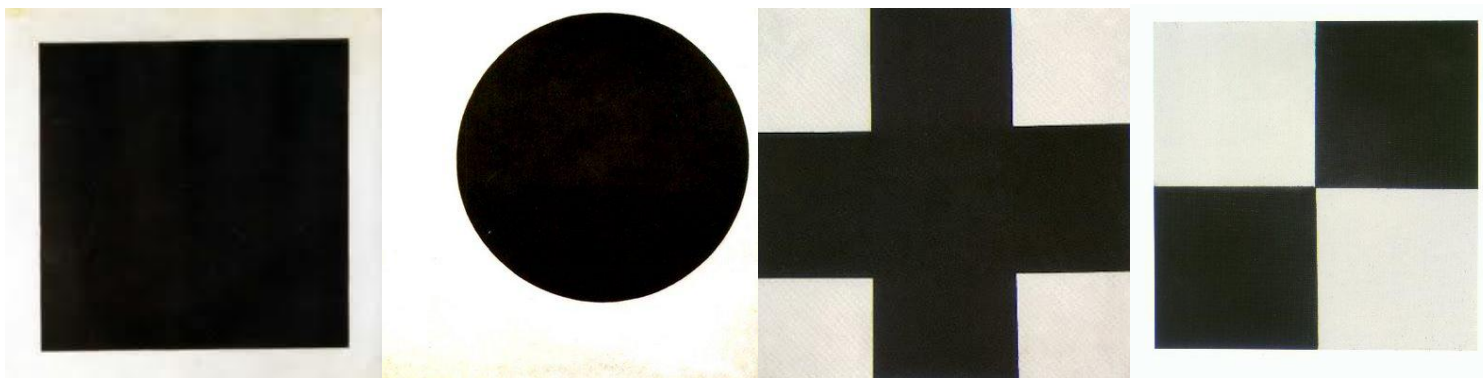
92.0.10. *La Última Exposición de Pintura Futurista*. 1915

Este cambio radical se observó en *0.10 La Última Exposición de Pintura Futurista*, inaugurada en Petrogrado el 30 de diciembre de 1915, donde expuso cuarenta y seis obras completamente abstractas donde destacaba el *Cuadrado negro*. La exposición se acompañó de un manifiesto titulado *Del cubismo al suprematismo en arte, del nuevo realismo de la pintura a la creación absoluta*; Malévich habla del futurismo y del cubismo refiriéndose a él como “*lleno de fuerza explosiva, convencido de*

*que toda materia se desintegra en un gran número de partes componentes que son completamente independientes*⁹⁸ ¿No estará pensando en la teoría atómica?, ¿en la descomposición de la materia que había inquietado tanto a Kandinsky?

El Camino iniciado por Malévich se convirtió en un hito para la historia del arte al plantear el estado cero de la pintura mediante una reducción a formas geométricas planas y delimitadas, donde el cuadrado era el elemento suprematista básico y generador de todas las demás formas suprematistas: el rectángulo, la cruz, el círculo,...

*“El cuadrado suprematista y las formas que de él proceden pueden compararse con las primitivas señales (símbolos) del hombre aborigen, que representaban, con sus combinaciones, no una ornamentación, sino un sentimiento del ritmo”*⁹⁹.



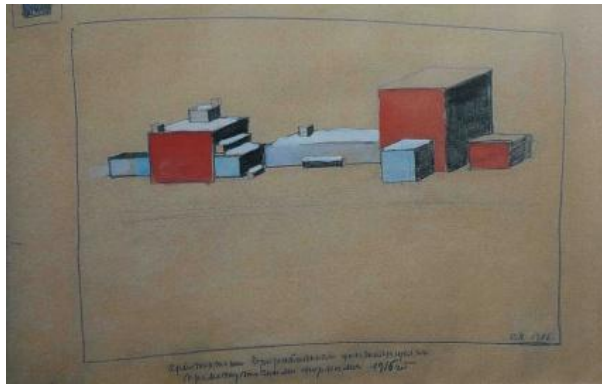
93. Malévich, Figuras básicas suprematistas: *cuadrado, círculo, cruz, 4 cuadrados*, 1913-1915

Malévich estaba interesado por la geometría y sus interpretaciones científicas y místicas así como en la idea de cuarta dimensión, tan asentada en muchas de las propuestas de vanguardia que estimulaba la imaginación de los artistas debido a sus

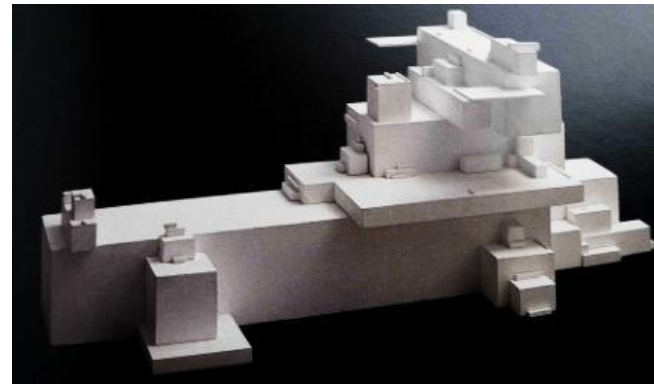
⁹⁸Golding, John. *Caminos a lo absoluto*. Editorial Turnen. Madrid. 2003. Pág. 60

⁹⁹Malevich, Kasimir. *Suprematismo*. En Chipp, Herschel B. *Teorías del arte contemporáneo*. Ediciones Akal 1995. Madrid. Pág. 369

distintas interpretaciones: como hiperespacio, como tiempo o como nueva conciencia; en una mezcla de matemáticas, física y misticismo. La obra de Malévich oscilará entre el misticismo¹⁰⁰, donde la pintura abstracta transportaba al individuo a un estado de conciencia remoto, y el desarrollo científico y tecnológico. Aunque no estaba interesado en las máquinas ni en la figura del artista como ingeniero¹⁰¹ surgida en varias corrientes vanguardistas, Malévich desarrollará un lenguaje plástico con un componente teórico que le aproximará abiertamente a la ciencia y tecnología de su época, llegando incluso a una condición de visionario en cuanto al desarrollo tecnológico futuro. Su reduccionismo fue un instrumento de investigación plástica fácilmente manejable en campos como la arquitectura o el diseño industrial, como se puede comprobar en los trabajos realizados en Unovis o Escuela del Arte Nuevo donde trasladó sus experiencias suprematistas a un terreno tridimensional y escultórico realizando sus *Arquitectones*.



94. Malévich, *Suprematismo Espacial*, 1916



95. Malévich, *Arquitecton Alfa*, 1920

¹⁰⁰ Las influencias son desde varias fuentes: el filósofo Nikolai Federov (1828-1903) y su transformación cósmica del mundo; el filósofo Henri Bergson (1859-1941) y sus ideas de dinamismo cósmico; P.D. Uspensky y Helena Petrovna Blavasky fundadora de la Sociedad Teosofica.

¹⁰¹ “Si compararos la actividad del ingeniero con la del artista, descubriremos diferencias primordiales tanto en el tratamiento de los materiales como en la ideología que las gobierna. El artista emplea las formas con la intención de armonizarlas figurativamente por medio de contrastes; la forma sí, por tanto, es para él lo esencial. El ingeniero ignora las proporciones artísticas de la forma. La utilidad de la construcción es lo que marca la pauta en su trabajo” En Malevich, Kasimir *El mundo no objetivo*. Editorial Doble J. Sevilla 2006

El tratamiento temático de su obra está muy ligado al desarrollo aeroespacial. *“El arte es la capacidad de crear una construcción que no surja de las relaciones entre las formas y su color, que no se asiente en el gusto estético y que, por tanto, aspire a la belleza de la composición, sino que se base en el peso, la velocidad y la dirección de su movimiento”*¹⁰² ya que el fin es alcanzar la integración cósmica y *“en el momento actual el camino del hombre está situado a través del espacio, y el suprematismo es una metáfora de color en su infinito abismo”*¹⁰³. Malévich recurrió a fotografías de aviones volando en formación y a vistas tomadas desde el aire como *“el entorno de inspiración (la realidad) del suprematista”*¹⁰⁴. El estímulo de los suprematistas se encontraba en los avances efectuados en la tecnología y la industria, locomotoras, zeppelins, barcos, automóviles, aviones e industrias desarrolladas durante la primera Guerra Mundial, así como fotografías aéreas de entornos urbanos geometrizados que se tornaban en abstracciones suprematistas, tal y como podemos apreciar en su libro *El mundo no objetivo*. Incluso desarrolló la idea de *máquina suprematista* construida con una arquitectura totalmente nueva que

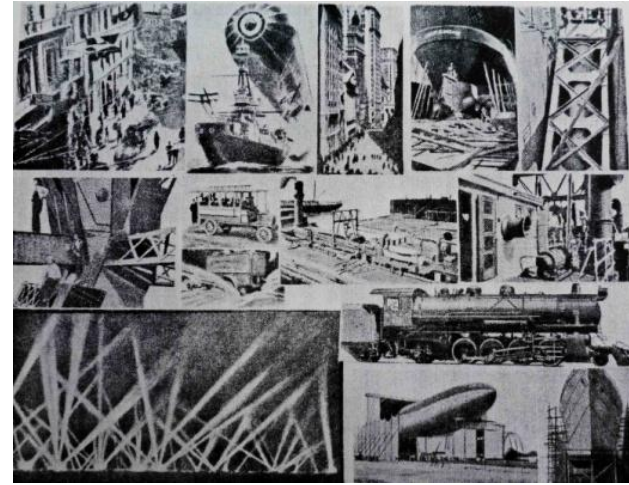
*“estará integrada y carecerá de todo tipo de junta. Una barra de metal es la fusión de todos los elementos, como la Tierra, y lleva consigo una vida de perfección, de manera que cada cuerpo suprematista que se construya se incorporará a una organización y formará un nuevo satélite”*¹⁰⁵.

¹⁰² Citado por. Chipp. *Op.Cit.* 1999. Pág. 323

¹⁰³ Citado por Moszynska, Anna. *Op. Cit.* Pág 58

¹⁰⁴ Malevich, Kasimir *El mundo no objetivo*. Editorial Doble J. Sevilla 2006. Págs. 18-19-20

¹⁰⁵ Kazus, Igor. *La idea de arquitectura cósmica y la vanguardia rusa a principios del Siglo XX. Cosmos. Del romanticismo a la vanguardia 1801-2001*. Jean Clair. Centro de cultura contemporánea de Barcelona 2001. Pág. 173



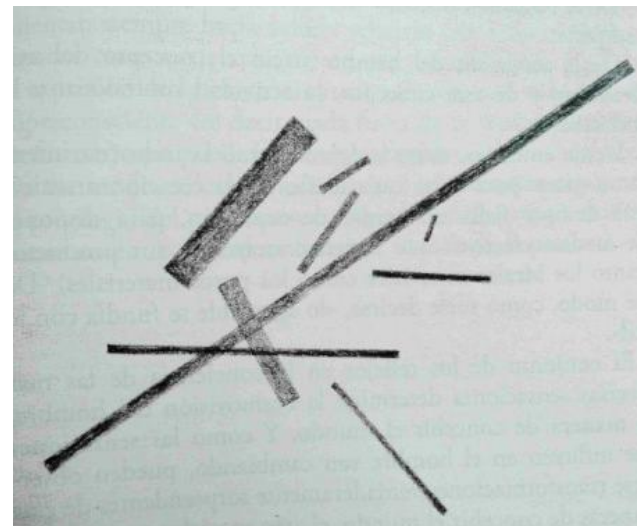
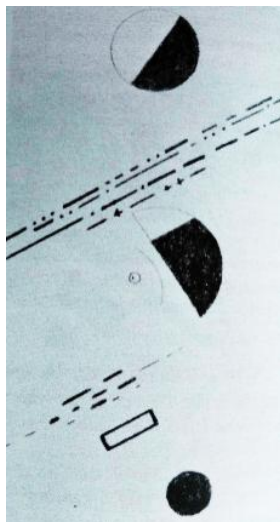
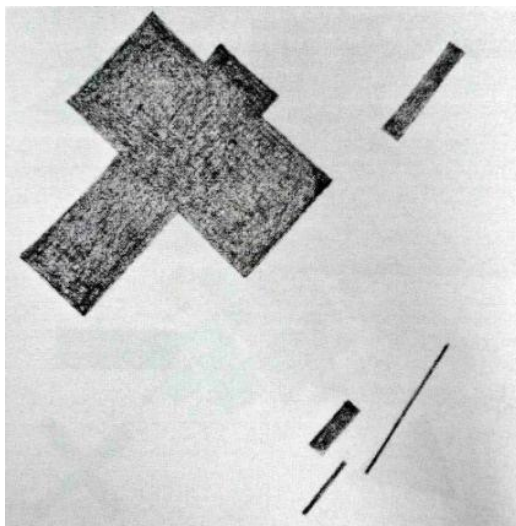
96-97. Entorno de inspiración (la realidad) del suprematista y del futurista

Aunque Malévich se basa en la tecnología moderna para desarrollar sus teorías, y su forma de abstracción suprematista no estaba interesado en la máquina como los futuristas, “*sus visones de vuelo eran de una naturaleza más cosmológica. Tenían que ver con viajes extraterrestres, interplanetarios, en un mundo futuro, donde los conceptos aceptados de espacio y tiempo ya no tuvieran lugar*”¹⁰⁶. Sin embargo “*asumía a priori que la ciencia y la tecnología permitirían la futura creación de ciudades-satélite flotantes que se desplazarían libremente sobre la tierra*”¹⁰⁷ como las futuras estaciones espaciales Skylab, Salyut, Spacelab, Mir y la Estación Espacial Internacional. Además sus composiciones eran tituladas haciendo referencia a objetos y conceptos tecnológicos: *Composición suprematista que expresa la sensación de la telegrafía sin hilos*; *Composición de elementos suprematistas combinados que expresan la sensación de sonidos metálicos*; *Composición suprematista expresando*

¹⁰⁶ Golding, John. *Caminos a lo absoluto*. Editorial Turnen. Madrid. 2003. Pág. 67.

¹⁰⁷ *Op. Cit* pág. 174

atracción magnética; Aviador, Satélites suprematistas, Suprematismo espacial; Composición suprematista: aeroplano volando...



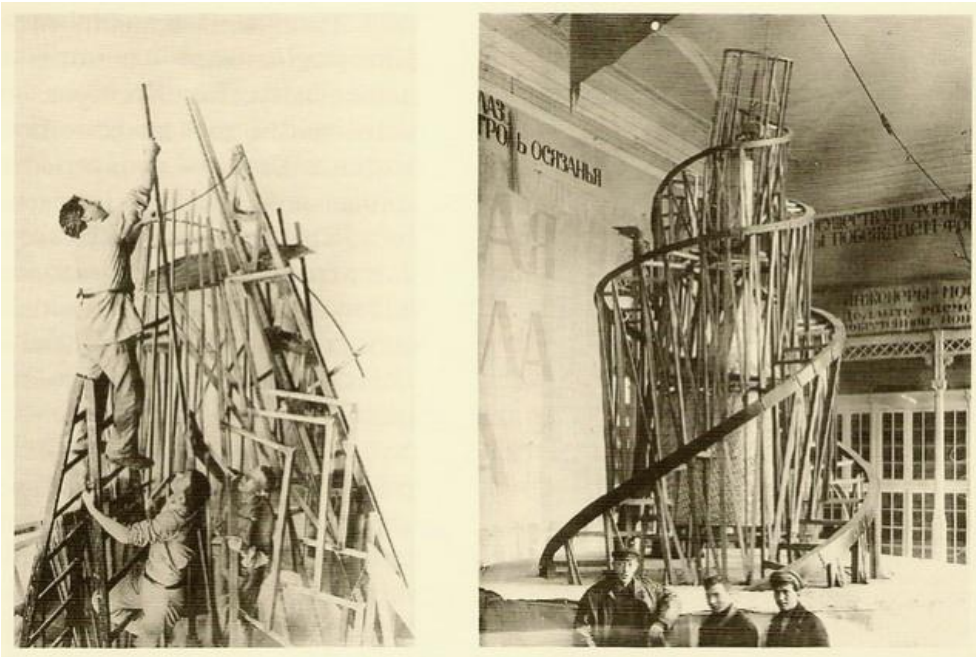
98-99. Composiciones Suprematistas: *Sensación de volar*, *Sensación de electricidad*, *Telegrafía*. 1914-15 100. Malévich, *Sensación de atracción magnética*, 1914

3-9 INGENIEROS CONSTRUCTORES

Vladimir Tatlin (1885-1953) desarrolló, paralelamente a Malévich, una corriente vinculada a la acción política para crear un nuevo arte socialista, en el cual no existiera la diferencia de clases. Se denominó constructivismo ya que la obra artística, pictórica o escultórica, en lugar de una representación era una construcción. El dadaísta Raoul Hausmann se refiere a él como el creador del *arte maquinario*, y en su fotomontaje *Tatlin en su casa* 1920 retrata “a un hombre que en su cabeza sólo tuviera máquinas, cilindros de automóviles, frenos y volantes...”¹⁰⁸. Tatlin participó en la exposición *0.10* con unas construcciones no figurativas realizadas con metal, madera y vidrio inspiradas en los relieves cubistas de Picasso. “*Tatlin y Malevich representaron*

¹⁰⁸ Citado por Newhall, Beaumont. *Historia de la fotografía*. Editorial G. G. Barcelona 2002. Pág.210.

los dos polos de un grupo de jóvenes artistas no figurativos que con su variada producción aspiraban a crear una estética nueva, liberada de todo lirismo, sentimentalismo o convención burguesa y acorde con el mundo tecnificado”¹⁰⁹. Tatlin se encargó de realizar un proyecto arquitectónico, *Monumento a la III Internacional*, que no sería ejecutado pero marcará la línea de actuación de los constructivistas, incorporando conceptos relacionados con la ingeniería y la arquitectura para la realización de algo funcional, colectivo y moderno, donde prima la tecnología y la industria como ejes fundamentales del proceso constructivo. El nuevo hombre revolucionario necesitará un nuevo arte alejado de viejas nociones como el sentimentalismo o la belleza, considerando el nuevo tiempo y espacio y simbolizando el nuevo orden soviético.



101. Tatlin. *Monumento a la Tercera Internacional*, 1919



102. El Lissitzky. *Tatlin trabajando*, 1920

¹⁰⁹ *Op.Cit.* 1999. Pág. 324.

El arte se construía y se utilizaba con la intención de difundir los valores de la revolución proletaria, poniéndose al servicio del gobierno para educar y modelar la conciencia del pueblo; un medio idóneo para esta labor era el fotográfico, que en su expresión más constructivista desarrollaría el fotomontaje.

“La fotografía, que mantiene una relación especial con la realidad, también es susceptible de ser manipulada para reorganizar o desorganizar la realidad. Por esto el fotomontaje apareció en Rusia y en Berlín, donde el afán de distanciarse de la estética predominante para abrazar temas sociales fue más notorio”¹¹⁰.

Los fotomontajes constructivistas incorporaban mensajes que ponían de manifiesto el progreso tecnológico e industrial como un resultado del nuevo período que se estaba estableciendo, indicado, en algunas ocasiones, que la nueva sociedad comunista está en construcción: *La URSS en construcción*, 1932, *La tribuna de Lenin*, 1924 de Lazar Lisitszkii conocido como El Lissitzky (1890-1941) o *La electrificación de todo el país*, 1920, *El viejo mundo y el mundo siendo construido de nuevo*, 1920 de Gustav Klutssis (1895- 1944) son algunos ejemplos del discurso artístico constructivista donde *“arte es, en la misma medida que la ciencia y la tecnología, un método de organización que es de aplicación a toda la vida”¹¹¹.*

Klutssis y El Lissitzky eran algunos de los *camaradas aviadores* que en un principio siguieron el camino suprematista abierto por Malévich adaptándolo posteriormente al discurso constructivista más reorganizador y funcional, vinculado a la

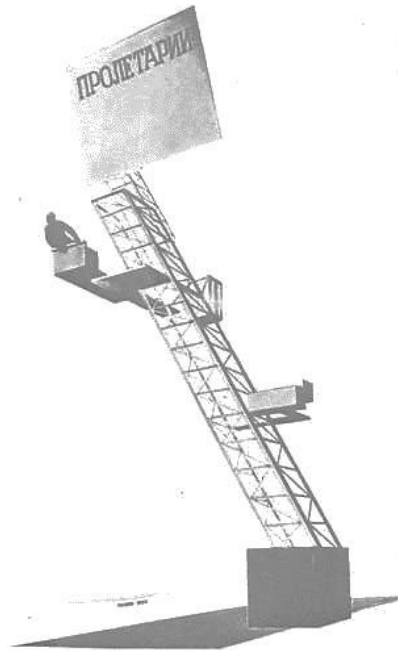
¹¹⁰ Ades, Dawn en *Fotomontaje*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona. 2002. Pág. 66

¹¹¹ Citado por Foster, Hal en *Arte desde 1900*. Editorial Akal. Madrid. 2006. Pág. 228

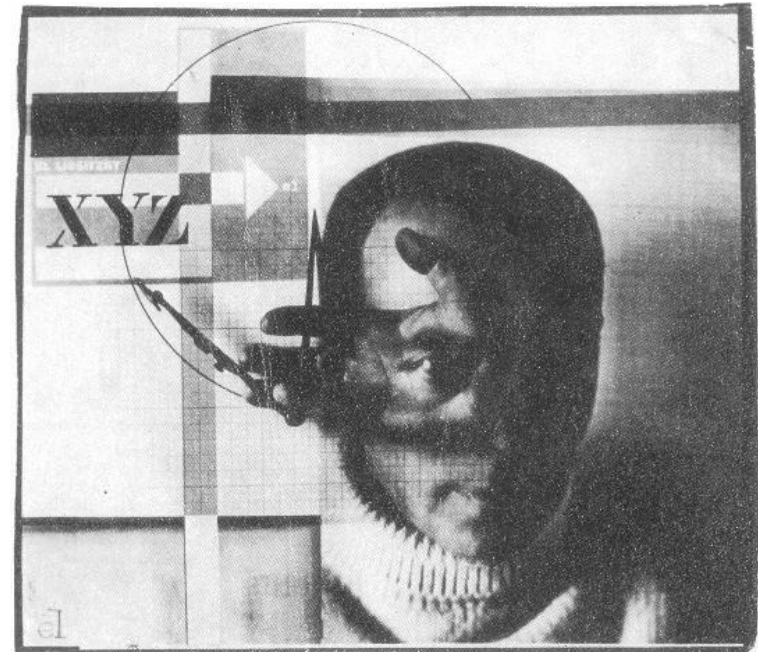
tecnología y al montaje, donde el artista se siente ingeniero constructor como en los fotomontajes de El Lissitzky *Tatlin trabajando en el monumento a la Tercera Internacional* 1917, cercano a la estética suprematista con una simbología próxima a la ingeniería y *El constructor. Autorretrato*, 1927 en el que ha desaparecido el suprematismo dando paso marcado realismo sin perder el espíritu constructor.



103. Klutskis, *La electrificación de todo el país*, 1920



104. El Lissitzky, *Tribuna Lenin*, 1920



105. El Lissitzky. *El constructor. Autorretrato* de 1925

Alexander Rodchenko (1891-1956) es el fotógrafo constructivista más destacado. Sus comienzos como pintor abstracto le permiten participar en la exposición $5 \times 5 = 25$ donde presenta un tríptico de tres lienzos pintados de rojo amarillo y azul con la intención de formar parte del espacio real en contra del espacio absoluto suprematista. Posteriormente abandona la pintura y

adopta la figura del artista como constructor de algo útil “*no tenemos que representar nada, sólo hacer, trabajar el material, construir*”¹¹². Sus fotografías están realizadas desde puntos de vista inusuales, picados, contrapicados y diagonales, dando a sus composiciones un claro dinamismo.

Su temática reflejaba magistralmente el cambio que experimentaba la sociedad moscovita. Asimismo produjo fotomontajes como los realizados para ilustrar el libro de poemas de Vladimir Maiakovsky *Pro eta*, 1923. Rodchenko junto a Liubov Popova (1889-1924) realizarán trabajos publicitarios, propagandísticos y educativos para convertir el constructivismo en la imagen de la nueva política económica de Lenin.



106. Popova, *Portada de revista*, 1924



107. Rodchenko. *Chica con Leika*, 1934



108. Rodchenko. *Fotomontaje Maiakovsky Pro eta*, 1923

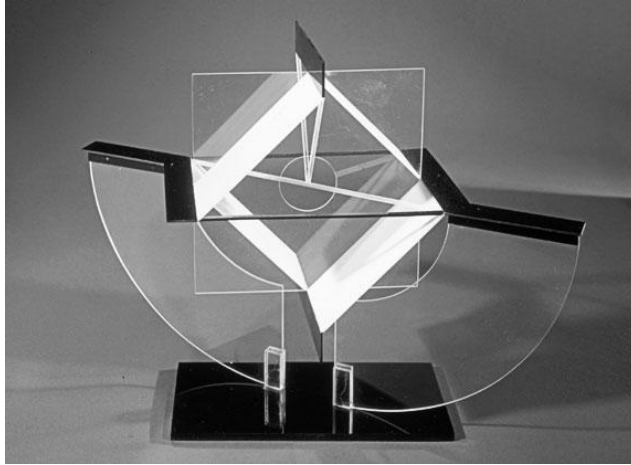
¹¹² Citado por Goriacheva, Tatiana. *Suprematismo y constructivismo: paralelismos y entrecruzamientos. Vanguardias Rusas*. Museo Thyssen Bornemisza, Fundación Caja Madrid. Madrid 2006. Pág. 84

El escultor, con formación científica (matemáticas, ingeniería y medicina), Naum Gabo (1890-1977) desarrolló la idea de construcción de forma distinta al explorar la desmaterialización de la masa y el volumen habituales, inducido por su fascinación por los contrastes entre lo vacío y lo sólido. Incorporó en sus obras los principios geométricos del suprematismo de Malévich *“las armaduras de metal y las construcciones en alambre de Gabo y otros escultores tienen notables predecesores en ciertas fotografías poco conocidas de formas geométricas abstractas hechas por Marey con armaduras metálicas y cuerdas en movimiento”*¹¹³ creando formas dinámicas en el espacio. Durante el período comprendido entre 1917- 1925 Rusia pasó de la revolución al nacimiento de un nuevo estado soviético y de la abstracción pictórica al constructivismo, quedándose finalmente asentado este último. Las dos posiciones nacieron al mismo tiempo lideradas por Malévich y por Tatlin; sin embargo artistas como Malévich, Gabo o Kandinsky *“creían que el arte abstracto tenía una contribución vital que hacer a la sociedad contemporánea despertando la conciencia de los hombres y abriendo la puerta a un conocimiento superior”*¹¹⁴. Por esta actitud fueron repudiados en su país llegando a abandonarlo, ocurrió en el caso de Gabo y Kandinsky, o sufriendo una penosa exclusión y aislamiento como sucedió con Malévich, triunfando la construcción y la ideología que *“iba a reemplazar al arte, y la vida constructivamente organizada iba a actuar como la llamadas de reunión para todos los técnicos artistas que simpatizaran con la causa”*¹¹⁵

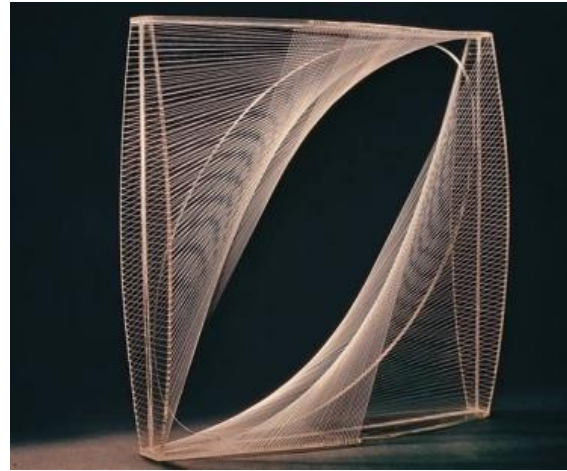
¹¹³ Scharf, Aaron. *Op. Cit.* Madrid 1994. Pág.285

¹¹⁴ Citado por Moszynska, Anna. *Op Cit.* Pág. 77

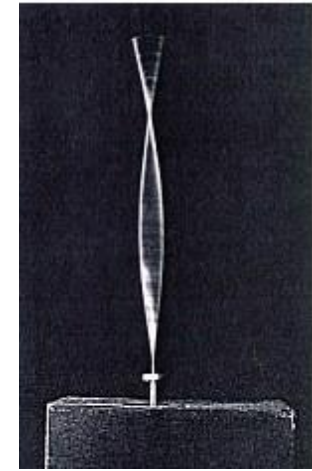
¹¹⁵ Moszynska, Anna. *Op. Cit.* Pág.78



109. Gabo. *Constucción espacial*, 1925



110. Gabo. *Construcción lineal*, 1943



111. Gabo, *Escultura cinética*

3-10 MATRICES ORTOGONALES Y DE COLORES

La abstracción se difundirá por Europa desde diversos países. En Holanda surgió un grupo importante de artistas abstractos que utilizaron como plataforma de difusión de sus teorías y sus obras una revista denominada *Die Stijl* (El estilo). Estos artistas también exploraban el desarrollo de un nuevo arte de validez universal, entre los más destacados están el arquitecto y pintor Theo van Doesburg (1883-1931) y el pintor Piet Mondrian (1872-1944). Mondrian partirá del cubismo analítico y de la teosofía¹¹⁶, para llegar a interpretar la realidad de la forma más universal, para ello utilizará un punto de vista totalmente frontal esquematizando el motivo representado (árboles y arquitectura) a un común denominador: la línea, su oposición dará como resultado lo horizontal y lo vertical. “*Todas las figuras pueden digitalizarse en un patrón de unidades horizontales frente a*

¹¹⁶ Doctrina ocultista que era ampliamente profesada por muchos artistas europeos, como se ha tenido ocasión de ver a lo largo de este punto, entre los que estaban Kandinsky, Malévich y Mondrian. Desde 1890 hasta 1920 floreció como culto para buscar el conocimiento transcendental, destruyendo los límites entre todas las religiones combinaba filosofía oriental y occidental con diversas creencias religiosas.

*verticales y de este modo diseminarse por la superficie; y toda jerarquía (por tanto toda centralidad) puede abolirse*¹¹⁷. Esta síntesis formal dará como resultado una trama de líneas horizontales y verticales que generará una matriz ortogonal donde lo importante es la búsqueda de equilibrios en la composición, dejando en un segundo plano el análisis del objeto adquiriendo la obra una autonomía total. La pintura se ha limitado a unos elementos fundamentales neutros que no provocan ninguna tipo de sentimiento con la intención de mostrar la realidad última.



112. Mondrian. *Árbol rojo*, 1910



113. Mondrian. *Árbol gris*, 1912

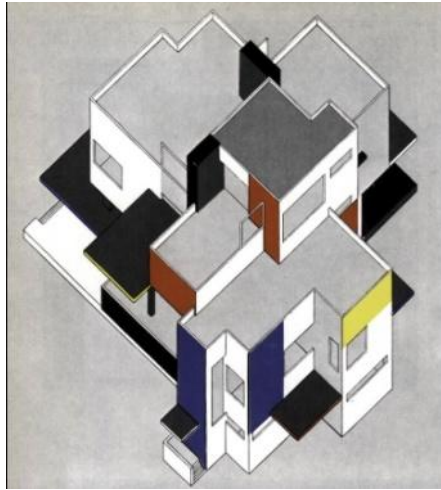


114. Mondrian. *Composition II*, 1913

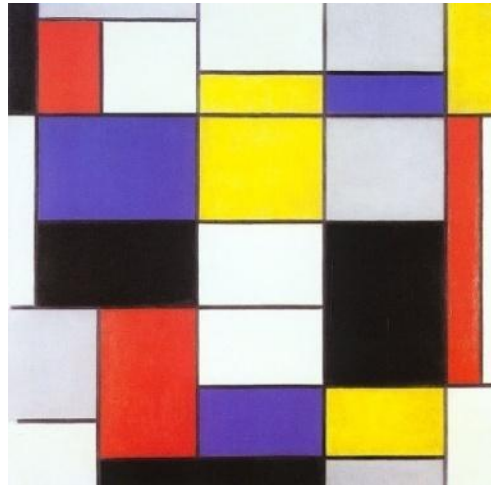
La intención final del neoplasticismo, denominación que se dio a este movimiento, vuelve a ser la utopía vanguardista de la búsqueda de un nuevo mundo y la preparación del individuo para adaptarse a él “*se trata ni más ni menos, según Mondrian y sus amigos, que de librar al mundo de lo trágico, efecto o emanación de las visiones particulares e individualistas, mediante la conquista de un lenguaje plástico objetivo y, por consiguiente, universal, destinado a preparar el advenimiento de un mundo*

¹¹⁷ Foster, Hal. *Op Cit.* Pág. 148

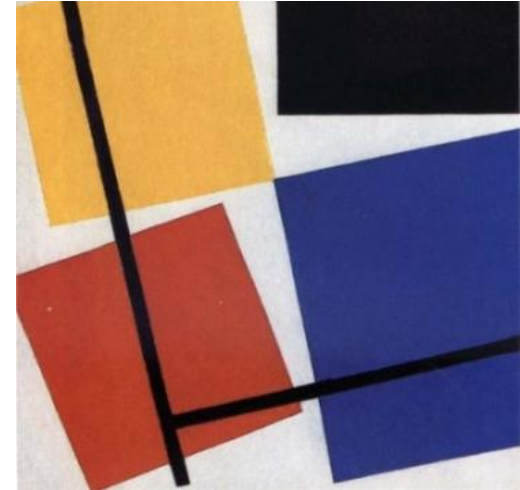
*mejor.*¹¹⁸ Las investigaciones y experimentos llevados a cabo por Mondrian y Van Doesburg se aplicaron con gran acierto en la arquitectura y el diseño dando lugar a obras como la *Casa Schröder*, 1924 diseñada por Gerrit Rietveld (1888-1964).



115. Rietveld. *Casa Schröder*, 1924



116. Mondrian. *Composition*, 1923



117. Van Doesburg. *Composición*, 1929

3-11 ARTE Y TÉCNICA COMO NUEVA UNIDAD. LA NUEVA VISIÓN

En Alemania la unión de la Escuela Superior de Bellas Artes y la Escuela de Artes y Oficios de Sajonia originó la Escuela de Artes Aplicadas y Arquitectura de la Bauhaus (Casa de la Construcción) en Weimar. Su fundador y primer director fue el arquitecto Walter Gropius (1883-1969) que firmará un manifiesto donde afirma que “*la meta final de toda la actividad plástica es la construcción*”¹¹⁹ expresando el ideal “*arte y técnica como nueva unidad*”. Estableció un modelo educativo en el cual se unía una formación artesanal con las nuevas propuestas tecnológicas e industriales, sin olvidar el componente teórico. La docencia

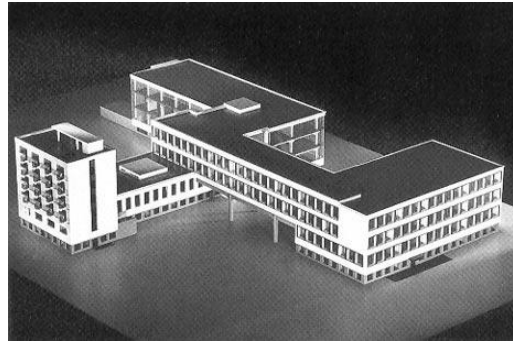
¹¹⁸ *El arte del siglo XX 1900-1949*. Jean –Louis Ferrier. Editorial Salvat Barcelona 1990. Pág. 210.

¹¹⁹ Jean –Louis Ferrier. *Op Cit.* Pag. 233

se impartía equitativamente en talleres, con el fin de que el alumno experimentara de manera práctica, y en el aula, donde destacados artistas desarrollaban sus propuestas teóricas en diferentes disciplinas. Entre estos artistas convertidos a docentes destacaron Kandinsky, Paul Klee (1879-1940), Oskar Schlemmer (1888-1943), Mies van der Rohe (1886-1969), van Doesburg, Mondrian, Josef Albers (1888-1976), Johannes Itten (1888-1967) y László Moholy-Nagy (1895- 1946).



118. Bauhaus Weimar 1919-1925



119-120. Gropius, Bauhaus Dessau 1925-1926. B. Dessau 1925-1932



Moholy-Nagy probablemente fue el artista y profesor más versátil del claustro Bauhaus; pintor, escenógrafo, diseñador gráfico, fotógrafo y cineasta, experimentó con los materiales, la fotografía y el cine además de teorizar sobre estos medios y analizar los cambios introducidos por la tecnología dentro del panorama artístico de la época. En su artículo *Produktion-Reproduktion*, publicado en la revista *Die Stijl* “anticipa una nueva relación y funcionamiento entre lo que hoy conocemos como medios audiovisuales: la radio (el fonógrafo), la fotografía y el cine. ¡Faltaba sólo la televisión!”¹²⁰. En un análisis constructivista

¹²⁰ Menéndez Mosquera, Carlos. En el Prologo a la quinta edición en español de *La Nueva Visión. Principios Básicos del Bauhaus*. László Moholy-Nagy Ediciones Infinito. Buenos Aires Argentina 2008. Pág. 8.

de los nuevos medios proporcionados por el desarrollo tecnológico. La influencia del constructivismo¹²¹ lleva a este artista y teórico a adoptar un punto de vista basado en la tecnología y los nuevos medios que había generado:

“La realidad de nuestro siglo es la tecnología: la invención, la construcción y el mantenimiento de la máquina. Ser un usuario de máquinas es ser el espíritu de este siglo. Ha reemplazado al espiritualismo transcendental de las épocas pasadas”¹²².

Se ensaya con medios como el fotográfico y el cinematográfico que se acercaban a una forma de producción de obras artísticas comparables a los nuevos medios de producción industrial, anticipándose a tesis desarrolladas posteriormente por Walter Benjamin, con su multiplicidad de positivos de un mismo negativo, producción en serie donde se pierde el concepto de obra única quebrándose los cánones estéticos de la pintura. La cámara fotográfica era una extensión del ojo biológico que permitía

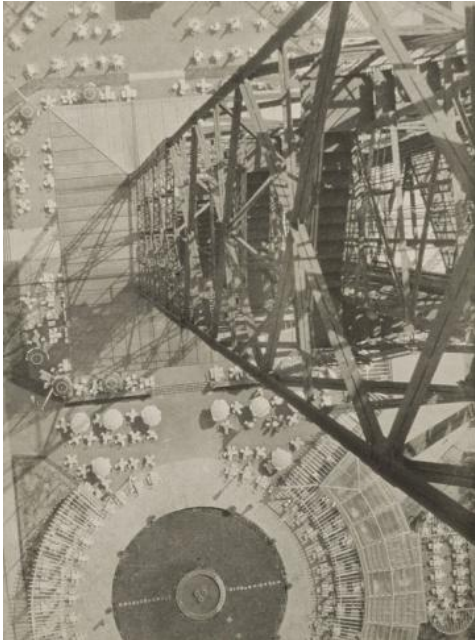
“la visión exacta; la visión lenta; la visión rápida; la visión intensificada: mediante la microfotografía y la filtrofotografía; la supervisión mediante rayos x y la deformación mediante un prisma o espejo reflectante”¹²³.

¹²¹Moholy-Nagy conoce durante su estancia en Viena y Berlín, durante los años 1919 – 1921, a El Lissitzky, Malevich, Rodchenko y Gabo así como a van Doesburg y Mondrian siendo incitado por ellos a colaborar en el Congreso Constructivista –Dadaísta de Berlín en 1922. Asimismo conocerá a Gropius que le invitará al Bauhaus para dirigir el Curso Fundamental.

¹²² Citado en Moszynska, Anna .*Op Cit.* Pág. 92-93

¹²³Moholy –Nagy László. *Pintura, fotografía, cine*. Editorial Gustavo Gilí. Barcelona. 2005 Págs. 188-189

Educa el ojo y la forma de mirar, dando como resultado una “nueva visión” que permite adquirir “nuevas experiencias del espacio” donde *“mediante la comprensión de la nueva cultura del espacio, gracias a los fotógrafos, la humanidad ha adquirido el poder de percibir con ojos nuevos su entorno y su verdadera existencia”*¹²⁴.



121. Moholy-Nagy. Vistas desde la torre de Radio-Berlín, 1928



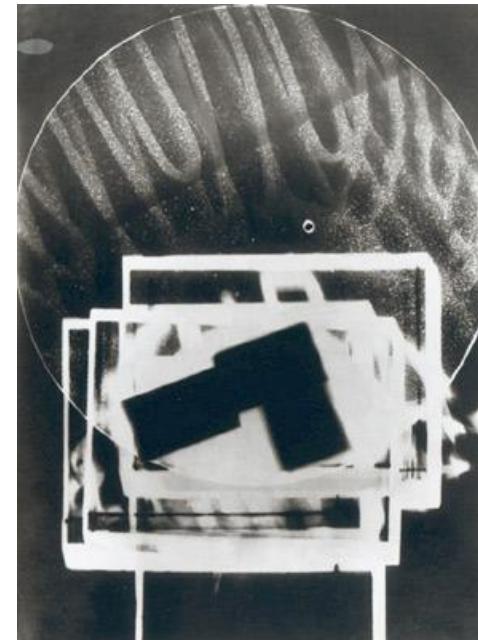
122. Moholy-Nagy. Viejo puerto de Marsella, 1930



Moholy-Nagy explorará el fotomontaje como forma de visión simultánea, tan presente en las vanguardias, al mismo tiempo que profundiza en la técnica del fotograma orientado por su investigación sobre la luz. *“Cualquier arte sólo adquiere sentido en la medida en que muestra la luz en la modalidad que le es propia. La luz como matriz del arte, el arte como arte de la*

¹²⁴ *Op.Cit.* Pags.190-191

luz”¹²⁵. El estudio de la luz le lleva a diseñar el *Modulador luz- espacio*, 1930 una máquina escultórica realizada con acero, plástico, madera y un motor eléctrico que proporcionaba un movimiento constante generando efectos luminosos que se irradiaban al espacio circundante, estas radiaciones lumínicas fueron filmadas en la película abstracta *Negro-blanco-gris*.



123. Moholy-Nagy. *Fotomontaje*. 1926 124. Moholy-Nagy *Modulador luz-espacio*, 1930 125. Moholy-Nagy. *Fotograma*, 1928

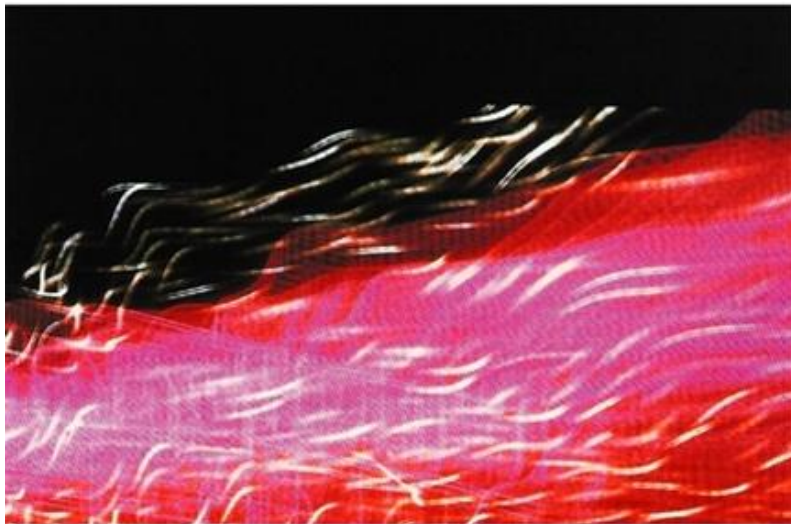
La luz es un tema recurrente en la obra de Moholy-Nagy. “*Me interesé por la pintura- con- luz, no sobre la superficie del lienzo, sino directamente en el espacio*”¹²⁶. Igualmente utilizará la luz para realizar sus fotogramas donde los objetos se distancian del mundo para convertirse en sombra y luz, resultado de los experimentos llevados a cabo por él como si de un

¹²⁵ Dominique Baqué en *Op.Cit* .Pág. 17.

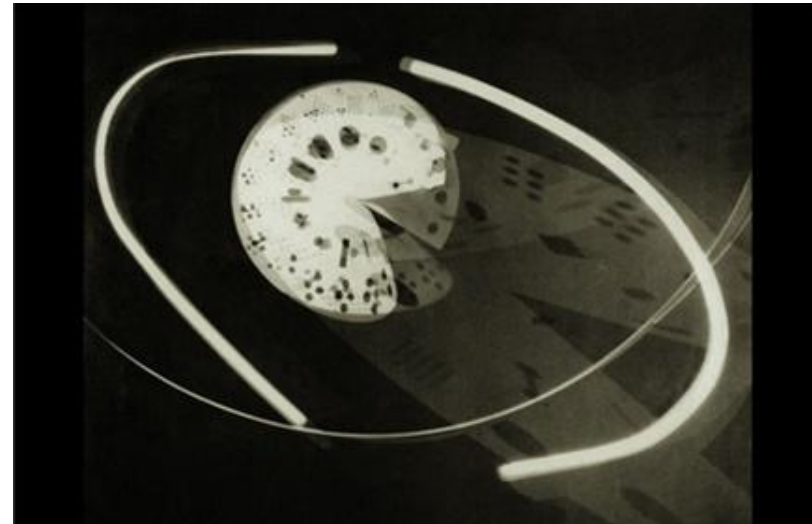
¹²⁶ Moholy-Nagy, László. *La Nueva Visión. Principios Básicos del Bauhaus*. Ediciones Infinito. Buenos Aires Argentina 2008. Pág. 119.

científico se tratara. Para realizar los fotogramas, además de objetos sólidos, usaba distintos tipos de lentes, cristales y líquidos con la intención de crear efectos lumínicos en la superficie fotosensible. La luz era el elemento creativo de la obra, su importancia superaba los principios y las técnicas del proceso fotográfico, no obstante, hay que tener en cuenta el desarrollo e incremento de la visión proporcionado por la cámara fotográfica: rayos x, fotografías astronómicas, fotomicrografías; fotografía infrarroja a través de filtros, vistas aéreas, fotografías de arquitectura, paisaje, retratos. Cualquier tipo de fotografía era válida

“no le importaba quien había hecho la fotografía ni porqué. Su búsqueda de la forma le llevo a apreciar instantáneas realizadas con propósitos científicos o utilitarios. En ellas encontró una nueva visión del mundo”¹²⁷.



126. Moholy- Nagy, *Trafico. Abstracción rosa*, 1940



127. Moholy-Nagy. *Fotograma*, 1939

¹²⁷ Newhall, Beaumont. *Op Cit.* Pág. 207

De igual forma que sus colegas pertenecientes a la vanguardia rusa, Moholy-Nagy divulga la importancia de una nueva visión creativa para la formación del hombre del futuro

“el anticipo de esta revelación es, sin duda, darse cuenta de que el conocimiento de la fotografía debe ser tan importante como el conocimiento del alfabeto. Los analfabetos del futuro ignorarán tanto el uso de la cámara fotográfica como el de la pluma”¹²⁸.

3-12 EL ARCHIVO ALEMÁN

Moholy-Nagy destacaba la técnica de la cámara fotográfica y el uso de la óptica y la química para la experimentación y la construcción de obras artísticas utilizando el medio fotográfico en su más amplio espectro con intención de descubrir sus límites. Durante este período apareció en Alemania una corriente pictórica figurativa denominada *Nueva Objetividad (Neue Sachlichkeit)* que buscaba la representación objetiva de la realidad, llegando en ocasiones a sublimarla. La fotografía¹²⁹ se incorporó a esta corriente sin problemas en la que destacaron fotógrafos como August Sander (1867-1964); Albert Renger-Patzsch (1897-1966) y Karl Blossfeldt (1865-1932). Blossfeldt realizó, con el propósito de utilizar como modelos y sugestionar a

¹²⁸ Moholy –Nagy László. *Op Cit.* 2005. Pág. 192

¹²⁹ En Estados Unidos surgirá una corriente opuesta al pictorialismo fotográfico liderada por Alfred Stieglitz (1864-1946) denominada Fotografía Directa (Straight Photography) y que en Europa tomará el nombre de Nueva Objetividad, produciendo un cambio radical de actitud respecto a la estética, alejándose de las tendencias pictorialistas que hasta ese momento había defendido e imponiendo la idea de una fotografía pura, libre de cualquier manipulación y cualquier intención de imitar a la pintura, trabajando cada medio dentro de sus propias limitaciones y descubriendo así la propia naturaleza de la fotografía: “el problema del fotógrafo es ver claramente las limitaciones de su medio, y al mismo tiempo sus cualidades potenciales, porque es precisamente aquí que la honestidad –no menos que la intensidad de la visión- se constituye en requisito previo de una expresión viva. Esto supone un verdadero respeto por el objeto que está frente a él, expresado en términos de claroscuro... mediante una gama de valores tonales casi infinitos que están más allá de la habilidad de una mano humana. La más plena realización de ello se obtiene sin trucos de procesos ni de manipulación y gracias al uso de los métodos de la fotografía directa” En Newhall, Beaumont *Historia de la Fotografía*. Editorial Gustavo Gilli, SA. Barcelona 2002. Pág.174.

sus alumnos en la forja y la talla, una gran cantidad de macrofotografías de plantas seducido por las formas ornamentales que exhibían. *“Eran naturales, pero a la vez aparecían en las fotografías como esculturas de hierro forjado creadas por la propia naturaleza”*¹³⁰, efectuando un paralelismo entre la formación natural y la construcción industrial llegando a la siguiente conclusión:

*“si la contemplación visual de la máquina podía servir para proscribir finalmente su presencia amenazadora y alienante naturalizando su uso de medios, la detección detallada de una naturaleza producida de manera serial y estructural consolaría al espectador en el descubrimiento de la unidad profunda de los órdenes y las estructuras naturales y hechos por el hombre”*¹³¹.

Blossfeldt *“logró mediante sus libros Urformen der Kunst (1928) y Wundergarten der Natur (1932) una sistematización rigurosa de documentación científica y botánica”*¹³². Sus fotografías, realizadas con cámaras técnicas, tienen un tratamiento estético donde la propia idiosincrasia del medio tiene un peso importante. Frontalidad en la toma respecto al objeto fotografiado, máxima profundidad de campo y nitidez, fondos neutros e intención exclusivamente objetiva son las características más importantes de esta corriente.

Con la única intención de mostrar las sorprendentes formas creadas por la naturaleza en las plantas Blossfeldt reunió una importante colección de flores, hojas, tallos y brotes, donde los procedimientos eran siempre los mismos: aislamiento total

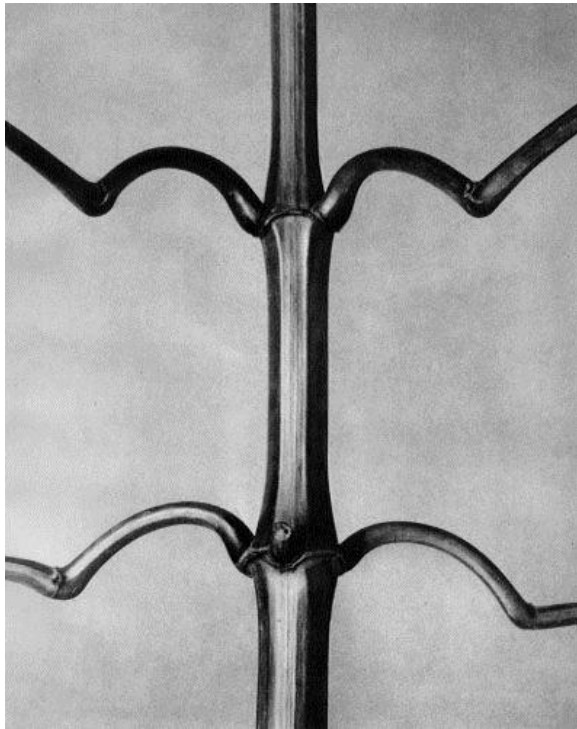
¹³⁰ Jeffrey, Ian. *La fotografía*. Ediciones Destino. 1999. Pág. 177

¹³¹ Foster, Hal en *Op. Cit.* Pág. 235

¹³² Fontcuberta, Joan. *Contranatura*. Catalogo exposición MUA. Museo Universidad de Alicante. Alicante 2001. Pág. 22

del objeto de su entorno, máxima definición de los detalles y formas, fondos neutros para destacar implacablemente el objeto y sus formas, ningún tipo de manipulación en el negativo ni en la copia.

Deseaba realizar las mismas figuras forjándolas en barrotes de hierro y para ello necesitaba una muestra fidedigna del motivo. La naturaleza entraba en la producción industrial de la mano de un proceso fotográfico de catalogación y archivo más propio de la ciencia que del arte, que en un futuro desarrollará un formato de tipología fotográfica que creará escuela evolucionando hasta nuestros días.



128. Blossfeldt *Impatiens glandulifera*, 1930



129. Renger-Patzsch. Casa, 1931



130. A. Sander. *Retratos*, 1929

3-13 EL SUEÑO ETERNO Y EL PRINCIPIO DE INCERTIDUMBRE

La representación figurativa será también protagonista de la corriente surrealista desarrollada en Europa a partir de 1924, año de publicación del *Manifiesto surrealista* por el poeta André Breton (1896-1966) en el primer número de la revista *La Révolution Surréaliste*. Este movimiento estaba compuesto por un grupo de escritores y artistas, muchos de ellos vinculados a círculos dadaístas, que se habían agrupado en torno a la figura de Breton al definir éste las bases ideológicas del movimiento con la misma intención que los movimientos coetáneos: la formación de un hombre nuevo a través de un nuevo arte. Las bases de su discurso ideológico están en la literatura, con poetas como Lautréamont o Rimbaud, en los cambios sociales y políticos, con figuras como Trotsky, y en la filosofía dialéctica de Hegel y en una nueva ciencia desarrollada por el neurólogo austrohúngaro Sigmund Freud (1856-1939). El psicoanálisis, un método ideado para curar determinados trastornos psíquicos como las neurosis. Una de las tesis fundamentales de la estructura teórica del psicoanálisis era la existencia de una vida anímica inconsciente que el ser humano no ha sido capaz de llevar a la conciencia y que se manifiesta principalmente en los sueños incitándole a pensar que los sueños constituyen la “*carretera principal hacia el inconsciente*”¹³³ como refleja en su obra *La interpretación de los sueños*, 1900. Breton definía el surrealismo como “*puro automatismo psíquico por el cual se intenta expresar, bien verbalmente o por escrito, la verdadera función del pensamiento. Dictado verdadero en ausencia de todo control ejercido por la razón, y fuera de toda preocupación estética o moral,*”¹³⁴ las ideas de Freud repercutieron directamente en

¹³³ Citado por Watson, Peter. *Historia intelectual del siglo XX*. Editorial Crítica. Barcelona.2002. Pág. 26

¹³⁴ Citado por Ramírez, Juan Antonio en *Las Vanguardias históricas: del cubismo al surrealismo*. En *Historia del Arte. El mundo contemporáneo*. Dirigida por Juan Antonio Ramírez. Alianza Editorial. Madrid. 1997. Pág. 252.

Breton¹³⁵ y en los demás surrealistas donde los sueños se convertirían en una carretera que llevaba al arte y la neurosis equivalente a un estado místico. Evidentemente estas ideas no serían aceptadas por Freud, sin embargo el movimiento surrealista se entusiasmó con ellas desarrollando un discurso teórico y una práctica estética al margen de la razón, escapando al control racional y a las ideas preconcebidas y dando al inconsciente el principal protagonismo de la creación. Algunos surrealistas practicaron numerosas técnicas novedosas como la escritura y el dibujo automático, el *frottage*, la *decalcomanía* y otras prácticas automáticas que pretendían obtener resultados sin el control de la razón liberando una secuencia espontánea de ideas e imágenes. Si bien, existieron artistas vinculados al movimiento que pintaban o diseñaban sus obras a través del pensamiento racional e incluso estaban influenciados por el pensamiento científico de la época como es el caso del artista español Salvador Dalí (1904-1988) donde las nuevas teorías científicas aparecieron en varios escritos y sirvieron para algunas de sus creaciones. En su ensayo *Psychologie non-euclidienne d' une photographie* sostiene que el espacio y el tiempo absoluto “ha sido totalmente ahogado por la teoría de la relatividad, que nos enseña que no hay tiempo absoluto ni espacio, y que sólo la unión del tiempo y el espacio tiene una significación física”¹³⁶; Dalí buscó inspiración en los nuevos postulados de la mecánica cuántica afirmando en su *Manifiesto antimateria* “en el período surrealista quería crear la iconografía del mundo interior (el mundo de lo maravilloso, de mi padre Freud). Conseguí hacerlo. Hoy, el mundo exterior (el de la física) ha transcendido el de la psicología. Mi padre es hoy el doctor Heisenberg”¹³⁷. La teoría cuántica (apéndice 10, punto 10.3.4) le hizo comprender el dinamismo intrínseco de toda la materia, entendiendo que la representación de los objetos no podía ser fija, como formas

¹³⁵ André Breton estuvo asignado durante la Primera Guerra Mundial en el psiquiátrico de Saint –Dizier donde realizó las tareas correspondientes al puesto de auxiliar sanitario. En éste hospital se trataban pacientes con neurosis causada por la guerra analizando los sueños, teniendo allí su primer contacto con el psicoanálisis.

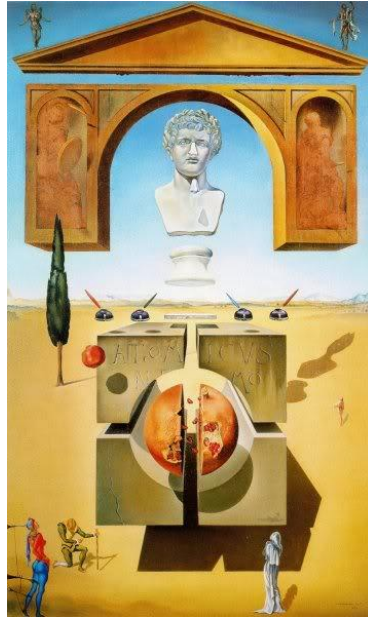
¹³⁶ Citado en Durán, Xavier. *El artista en el laboratorio*. Publicacions de la Universitat de València. 2008. Pág. 191

¹³⁷ *Op.Cit.* Pág. 191

inmóviles, sino dinámica y en tensión, intentando plasmar esa actividad en obras como *Idilio atómico y uránico melancólico*, 1945; *La separación del átomo*, 1947; *Equilibrio intra-atómico de una pluma de cisne*, 1947; *Leda atómica*, 1949 o *La Madona de Port Lligat*, 1949.



131. Dalí, *Leda atómica*, 1949



132. Dalí. *La separación del átomo*, 1947



133. Dalí. *Idilio atómico y uránico melancólico*, 1945

El lanzamiento de dos bombas atómicas durante el verano de 1945 sobre Hiroshima y Nagasaki produciendo un desastre sin precedentes en la historia de la humanidad, causando una profunda impresión en el pintor:

“la explosión atómica el 6 de agosto de 1945 me había estremecido sísmicamente. A partir de entonces el átomo se convirtió en mi sujeto de reflexión preferido. Muchos paisajes pintados en este

*período expresan el miedo enorme que sentí con la noticia de esta explosión y apliqué mi método paranoico-crítico a la exploración de este mundo. Quiero ver y comprender la fuerza y las leyes ocultas de las cosas para, evidentemente, adueñarme de ellas*¹³⁸.

Desde sus comienzos en el surrealismo influido por el psicoanálisis¹³⁹ y, posteriormente, por la física moderna, Dalí llevará su reflexión hacia la mística, fusionando todo en sus pinturas y sus pensamientos como destaca en su *Manifiesto místico*. “*La intensa crisis del misticismo daliniano se apoya básicamente sobre el progreso de las ciencias específicas de nuestra época, en especial sobre la espiritualidad metafísica de la substancialidad de la física cuántica*”¹⁴⁰.

Vuelve una representación renacentista donde el motivo religioso es el principal protagonista de su obra donde sus cuadros consistirán en una síntesis entre pintura clásica, era atómica y espiritualismo

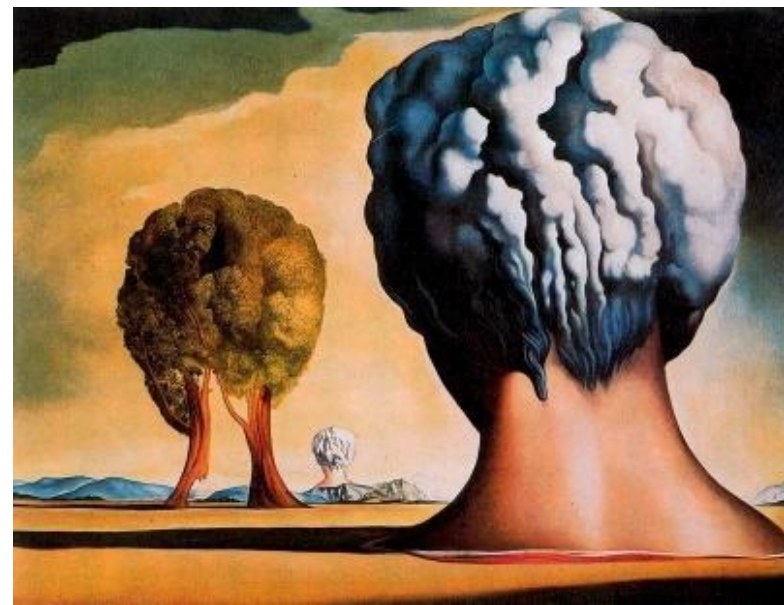
“sumido en una genial efervescencia de ideas, decidí acometer la solución plástica de la teoría cuántica, e inventé el realismo cuantificado para convertirme en dueño de la gravitación”¹⁴¹.

¹³⁸ Citado por Descharnes, Robert y Néret, Gilles. *Salvador Dalí*. Editorial Taschen Köln 2010. Pág. 157

¹³⁹ El psicoanálisis contribuyó al desarrollo, a partir de 1930, del método paranoico –crítico en el cual una representación pictórica contenía a su vez otra completamente distinta como el definía en su artículo “*la obtención de una tal imagen doble ha sido posible gracias a la violencia del pensamiento paranoico que se ha servido con astucia y habilidad de la cantidad necesaria de pretextos, coincidencias, etc, aprovechando para hacer aparecer la segunda imagen que, en este caso, ocupa el lugar de la idea obsesiva*” Citado por Ramírez, Juan Antonio en *Las Vanguardias históricas: del cubismo al surrealismo*. En *Historia del Arte. El mundo contemporáneo*. Dirigida por Juan Antonio Ramírez. Alianza Editorial. Madrid. 1997. Pág. 257

¹⁴⁰ *Op.Cit.* Pág., 157

¹⁴¹ *Op.Cit.* Pág. 158



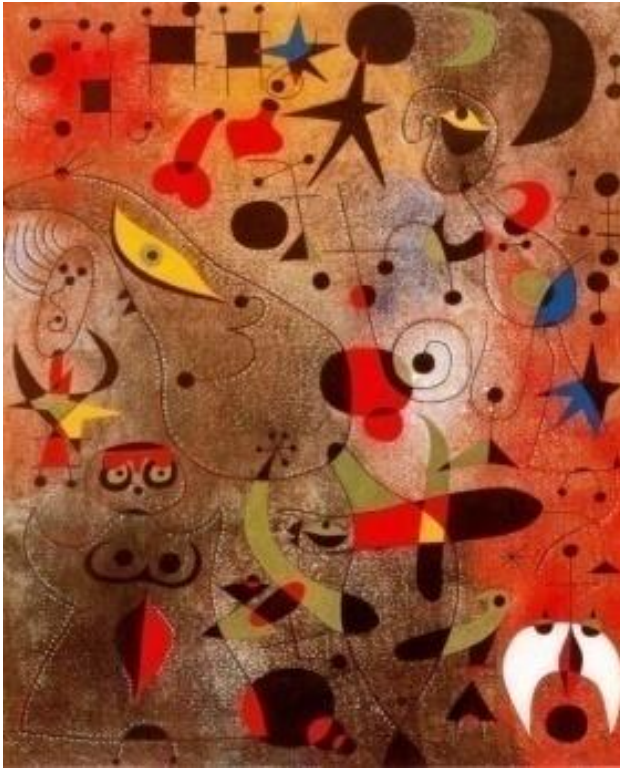
134. Dalí. *Madonna Port Lligat*, 1949 135. Dalí. *Cristo Cúbico*, 1951

136. Dalí. *Las tres esfinges de bikini*, 1947

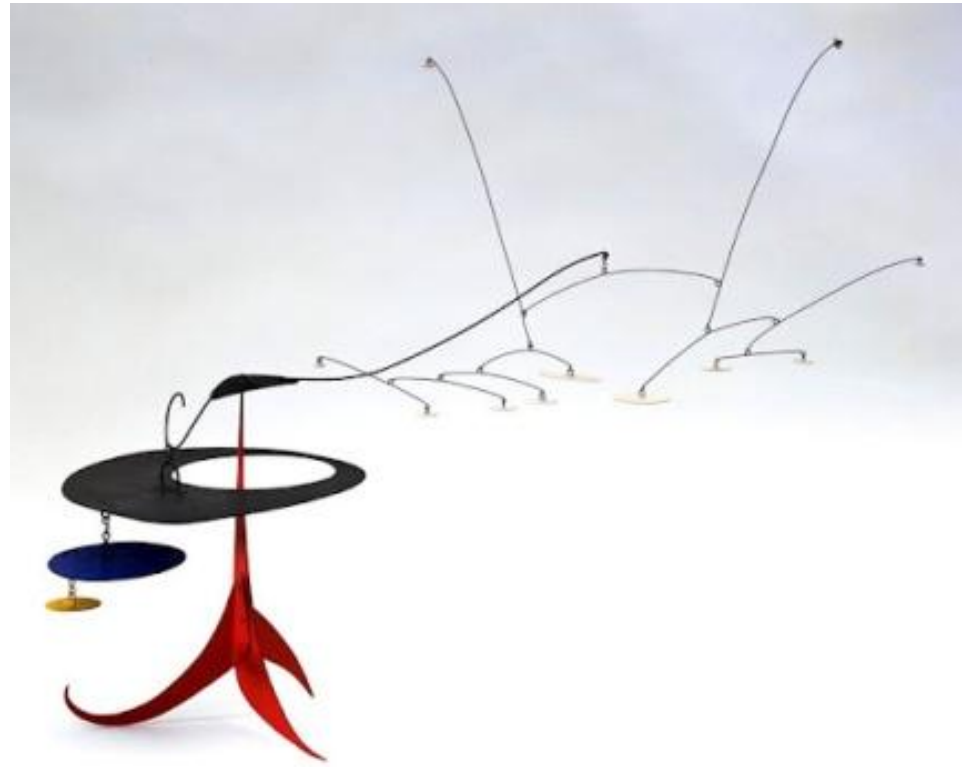
Joan Miró (1893-1983) fue otro surrealista pintor de sueños y sensaciones, en su obra *El carnaval del Arlequín* (1924-1925) “*intenté plasmar las alucinaciones que me producía el hambre que pasaba. No es que pintara lo que veía en sueños sino que el hambre me provocaba una especie de trance parecido al que experimentan los orientales*”¹⁴². También fue pintor de estrellas en su magnífica serie *Constelaciones* donde se adentra en lo enigmático del Cosmos representando un universo poético de gran sensibilidad y lirismo donde todo parece flotar en el espacio, de igual forma que flotan en el espacio los móviles de Alexander Calder (1898-1976) de naturaleza cambiante e impredecible, arrastran al observador a un universo de ensueño

¹⁴² Citado por Ramírez, Juan Antonio en *Las Vanguardias históricas: del cubismo al surrealismo*. En *Historia del Arte. El mundo contemporáneo*. Dirigida por Juan Antonio Ramírez. Alianza Editorial. Madrid. 1997. Pág. 253

basado en la estructura del Universo, con distintos cuerpos diferenciados por sus tamaños, densidades y temperaturas flotando en el espacio rodeados de nubes de gas.



137. Miró. *Constelaciones*, 1940 –1941



138. Calder. *Baile de estrellas*, 1940-1945

4 INFLUENCIA DE LA CIENCIA EN LAS ARTES PLÁSTICAS DESDE EL INICIO DE LA II GUERRA MUNDIAL

4-1 *THE WAR SYMPHONIES*¹⁴³

El estallido de la II Guerra Mundial y su cruenta evolución demostrarán “*el potencial destructor de la ciencia, la técnica y la industria modernas como el fracaso de la razón humanas y las escalas de valor moral*”¹⁴⁴. En Junio de 1942, Europa entera, salvo Gran Bretaña, estaba sometida a un nuevo orden impuesto por el III Reich. Simultáneamente se libraba una cruel batalla en el Pacífico entre tropas aliadas, principalmente norteamericanos y australianos, frente a japoneses.

La II Guerra Mundial sobrepasó ampliamente a la Primera, tanto en términos de destrucción como en alcance geográfico y territorial al no respetar la frontera entre las poblaciones civiles y los campos de batalla. Al finalizar el día 2 de septiembre de 1945, con la capitulación oficial de Japón, tres semanas después del lanzamiento de dos bombas atómicas norteamericanas sobre Hiroshima y Nagasaki, cincuenta millones de personas habían perecido, las ciudades estaban arrasadas, no había apenas alimentos y millones de refugiados deambulaban por una Europa devastada.

La inestabilidad que precedió a las hostilidades comenzó con el fracaso de la primera república alemana, nacida en Weimar en 1919, y con el ascenso al poder de Adolf Hitler (1889-1945) en 1933. Apadrinado por Paul von Hindenburg, presidente de la república desde 1925 hasta 1934, año de su muerte y de la toma de funciones de canciller y presidente del Reich de Hitler. Éste difunde entre los alemanes la doctrina nacionalsocialista cuya idea principal, el antisemitismo, proclamaba la defensa de la sangre y el territorio alemán, así como el aniquilamiento de los judíos. Tras la obtención de plenos poderes

¹⁴³ Dmitri Shostakovich: Symphonies Nos. 4 - 9 *The War Symphonies*. Mariinsky (Kirov) Theater Orchestra Rotterdam Philharmonic Orchestra. Conductor: Valery Gergiev. CD. Philips. 2005.

¹⁴⁴ Watson, Peter *Op.Cit.* 1999. Pág. 403

Hitler destruyó la democracia alemana absorbiendo o disolviendo partidos políticos y sindicatos, creando la *Geheime Staastpolizei* o Gestapo y varios campos de concentración a los que se enviaban a los opositores del nuevo régimen. Esta situación provocó un abandono progresivo de artistas e intelectuales de Alemania que, huyendo del nazismo, se refugiaron en un primer momento en Francia, Suiza o Gran Bretaña y, al comenzar la guerra, muchos abandonaron Europa para exiliarse a Estados Unidos. Entre los más conocidos figuran Albert Einstein, Lise Meitner, Thomas Mann, Bertolt Brecht, Fritz Lang, Schönberg, Mies van der Rohe, Gropius, Moholy-Nagy, Mondrian, Leger, Chagall, Breton, Masson, Max Ernst, Kandinsky, Paul Klee, Duchamp, Heartfield, Robert Capa, Cartier-Bresson y un largo etcétera. Desde 1933 hasta 1941 llegaron a América 104.098 refugiados alemanes y austriacos. En marzo de 1942 en la galería Pierre Matisse de Nueva York, cuyo propietario era el hijo del pintor Henri Matisse, se realizó una exposición cuyo nombre define sencillamente la situación; *Artistas en el exilio* reúne a un variado y numeroso grupo de artistas que habían huido de una Europa en guerra con la esperanza de encontrar en América una nueva vida alejada de la muerte y la desesperación. André Breton, Piet Mondrian, André Masson, Amédée Ozenfant, Jaques Lipchitz, Pavel Tchelitchev, Kurt Seligmann, Eugene Berman, Matta, Ossip Zadkine, Yves Tanguy, Max Ernst, Marc Chagall, y Fernand Léger aparecen en una fotografía tomada por George Platt (imagen 139) con motivo de la muestra y la prensa difundirá el acontecimiento en el diario *American Mercury* con un titular muy significativo: “*El legado de Hitler para América*”¹⁴⁵. Intelectuales europeos de todas las ramas del conocimiento: científicos, filósofos, músicos, poetas, cineastas, arquitectos y artistas llegaron a Estados Unidos huyendo de la persecución nazi, influenciando culturalmente al pueblo norteamericano de manera determinante y propiciando su hegemonía en el terreno cultural durante la segunda mitad del siglo

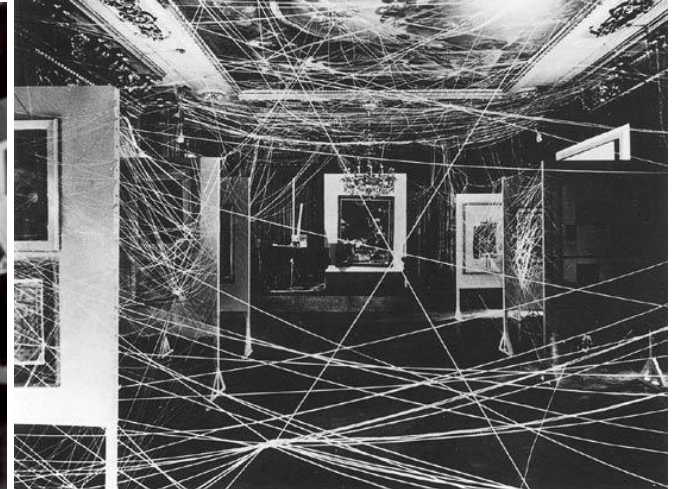
¹⁴⁵ Watson, Peter. *Op.Cit.* Pág. 378

XX. París perdería dramáticamente su mágico influjo en el terreno artístico cediendo la primacía a Nueva York, que se convirtió “en la segunda patria de los surrealistas europeos, artistas cosmopolitas y bohemios, poseedores de un aplomo y una intensidad creativa impensables entre los creadores de la ciudad de los rascacielos”¹⁴⁶. Dos exposiciones casi simultáneas propiciarán los aires de cambio que se iban a dar en la ciudad de Nueva York a partir de 1942: *Firts papers of Surrealims* organizada por Duchamp, Breton y Ernst, los cuales escogieron obras de cincuenta artistas, la gran mayoría surrealistas, entre los cuales aparecían nuevos colegas norteamericanos como William Baziotes, Robert Motherwell, Joseph Cornell, Kay Sage y David Hare; la otra muestra es *Art of This Century: Objects-Drawings-Photographs-Paintings-Sculpture-Collages 1910 to 1942*, fué inaugurada el 20 de octubre de 1942 en la nueva galería perteneciente a Peggy Guggenheim: Art of This Century reuniendo, con la ayuda del crítico de arte Howard Putzel, artistas surrealistas y abstractos: Archipenko, Calder, Chagall, de Chirico, Duchamp, Ernst, Giacometti, Kandinsky, Klee, Malévich, Miró, Mondrian, Ozenfant, Picasso y Tanguy. Estas muestras captaron la curiosidad del público neoyorquino que, acostumbrado a un tipo de arte vinculado al realismo con un gran componente regionalista, se muestra sorprendido por el cambio de paradigma llevado a cabo por los artistas europeos. Los pintores americanos se sintieron estimulados y muy influenciados por las obras de los artistas de vanguardia europeos, principalmente por Picasso y los surrealistas, tomándolos, en su evolución hacia una obra más autóctona y personal, como modelos referenciales; “por ese motivo, lo importante es que ahora tenemos entre nosotros a unos artistas extraordinarios venidos de Europa ya que ellos traen consigo la comprensión de los problemas de la pintura moderna. A mí me impresionó muy pronto su

¹⁴⁶ Guasch, Anna María. *El arte del siglo XX en sus exposiciones, 1945 – 2007*. Ediciones del Serbal. Barcelona 2009. Pág. 17

concepción de que el origen del arte reside en el inconsciente”¹⁴⁷ comentaría Jackson Pollock (1912-1956) en una entrevista con Howard Putzel en 1944. El arte americano comenzaba a dar sus primeros pasos y

*“Art of This Century fue de la máxima importancia como el primer lugar donde se pudo ver a la Escuela de Nueva York [...] su galería fue una fundación, allí fue donde comenzó a suceder todo.”*¹⁴⁸



139. George Platt .*Artistas en el exilio*. New York 140. P.Guggenheim Gallery, *Surrealist, Art of This Century*, 1942 141. Duchamp. *Instalación*, 1942

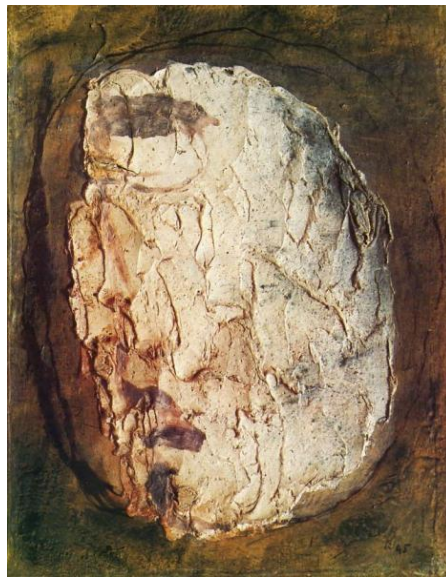
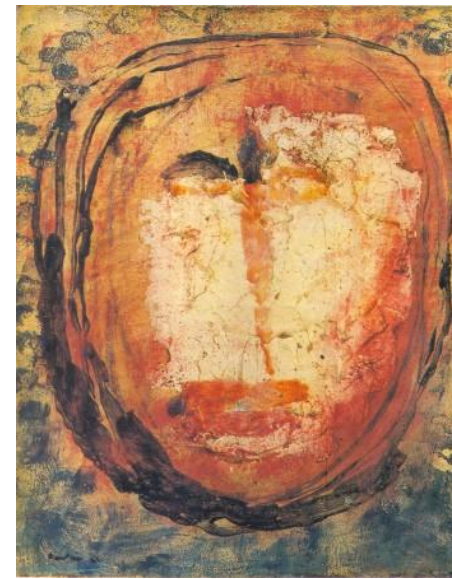
4-2 INFORMALISMO EUROPEO

Una vez acabada la I Guerra Mundial los artistas de vanguardia europeos continuaron con su aspiración de una modernidad geométrica y tecnológica: la Bauhaus, el estilo internacional, el suprematismo, De Stijl,... Sin embargo la II Guerra

¹⁴⁷ Extracto de una entrevista realizada a J. Pollock en Arts and Architecture. Febrero 1944 En *Op.Cit.* 1999. Pág. 407

¹⁴⁸ Citado por Foster, Hal, R. Krauss, Y. Boris, B. Buchloh en *Arte desde 1900*. Editorial Akal. Madrid. 2006 Pág. 301

Mundial dispersó totalmente la fascinación hacia el desarrollo científico y tecnológico rechazando totalmente la racionalidad humana. Nunca en la historia de la humanidad habían ocurrido acontecimientos tan excepcionales y determinantes como el holocausto y la bomba atómica, y estos sucesos influyeron decisivamente en la realidad cultural de posguerra. En el arte europeo se buscó un comienzo desde cero llegando a la materialidad primigenia de la obra artística, barro, arena, arpillera y otros materiales iban a distribuirse agresivamente por un lienzo en ocasiones desgarrado, atravesado o rajado. La obra de arte se presenta como un objeto herido, maltratado, traumatizado incluso como un desecho. Jean Fautrier (1898-1964) partiendo del expresionismo y del automatismo surrealista llegó a realizar obras matéricas con una pasta compuesta de papel, escayola y polvo pigmentado que era extendida sobre el lienzo con una espátula dando como resultado una figura amorfa en el centro de un lienzo manchado.

142. Fautrier *Tête d'otage*, 1944143. Fautrier, *Tete d'Otage* ,1944144. Fautrier. *Petit otage*. 1945

Su experiencia en el conflicto bélico y su estancia durante una temporada en un asilo psiquiátrico escondiéndose de la Gestapo le llevaron a producir sus *Otages*, que expuso en París al acabar el conflicto, causando un fuerte impacto al ser identificadas por el público esas masas informes con cabezas pertenecientes a miembros de la resistencia o la población civil indefensa.

Wolfgang Schulze o Wols (1913-1951) era un refugiado político alemán afincado en París, se había formado en la Bauhaus y durante la guerra estuvo recluido en un campo de concentración alemán. Dos años después de ser liberado expuso sus óleos abstractos en la galería Drouin de París, siendo calificado “*como el artista existencialista por antonomasia que experimenta una crisis metafísica y trata de demostrar la contingencia del ser*”¹⁴⁹. El sentimiento de ansiedad, desesperación y soledad desarrollado por el individuo, a causa de la destrucción y la ruina provocadas por la Segunda Guerra Mundial, llevo a la sociedad hacia una crisis cultural que converge con el desarrollo del existencialismo y coincide con el domino de una abstracción matérica donde la superficie del lienzo está ocupada por costras y grumos de pintura y en el caso del informalismo europeo se combinan con diversos tipos de materiales como madera, arpillera, escayola, polvo, barro, etc. Estos materiales son modelados por el artista al realizar sobre ellos surcos, incisiones, punciones, hendiduras y desgarros con la intención de explorar la materia en su forma básica, esperando extraer de ella una forma de expresión vinculada al momento histórico vivido, donde la conflictividad, lo abyecto y la irracionalidad se adecuaba a la visión pesimista que se tenía de la realidad. Jean

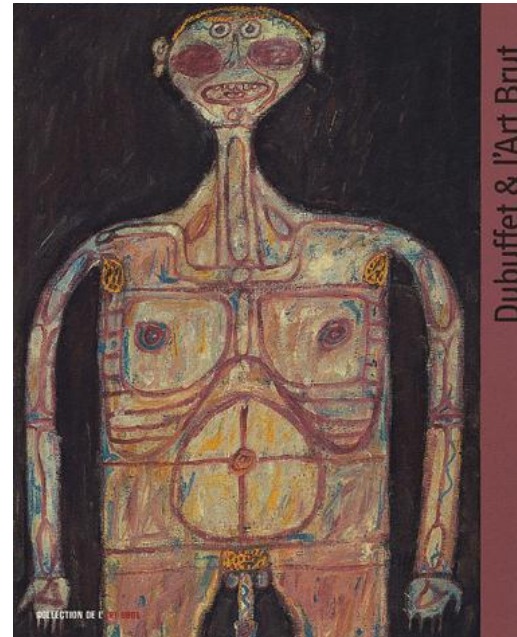
¹⁴⁹ Foster, Hal, R. Krauss, Y. Boris, B. Buchloh *Op Cit.* Pág. 340

Dubuffet (1901-1985) trabaja en esta línea consiguiendo que de la materia surjan figuras monstruosas, deformes y violentas de animales, objetos y personas.

Su método era irracional, espontáneo, intuitivo y violento en una exaltación de “*la omnipresencia de los valores salvajes, espontáneos, aquellos que son propios de los niños y de los locos*”¹⁵⁰ como pone de manifiesto en sus reflexiones sobre el *Art Brut* publicadas como *Cahiers de l'Art Brut* y *Prospectus aux amateurs de tout genre*.



145. Wols. *El Molino de viento*, 1951



146. Dubuffet. *Pape de l'art brut*. 1954

Al mismo tiempo existían otros artistas europeos que igualmente habían experimentado la ruptura de Europa y trasladaron al lienzo sus experiencias de una forma muy visceral. Lucio Fontana (1899-1969) antes de rasgar y perforar los

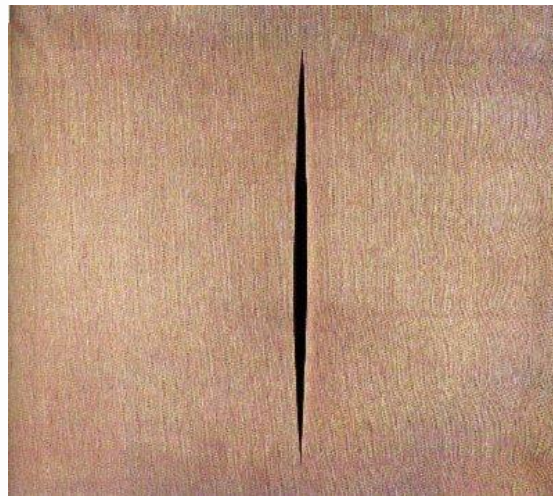
¹⁵⁰ Guasch, Anna María. *El arte del siglo XX en sus exposiciones, 1945 – 2007*. Ediciones del Serbal. Barcelona 2009. Pág. 33

lienzos monocromos rompiendo así el espacio pictórico en su *Concetto spaziale*, trabajó con la materia y la destrucción en una serie de cerámicas negras de aspecto cúbico y repulsivo.

Alberto Burri (1915-1995) utilizará arpilleras que remendará, perforará, desgarrará y manchará en ocasiones con pinturas rojas que recuerdan a vendajes ensangrentados. Esta serie se denominará *Sacchi*. Burri estudió medicina y trabajó como médico en un campo de prisioneros británico en el norte de África. Algunas de sus obras abstractas, denominadas *muffe*, parecían imágenes sobre estructuras celulares, otras incorporarán elementos de diversos materiales industriales que previamente había quemado para posteriormente pintarlos de negro transfiriéndolos una realidad desolada y triste.



147. Lucio Fontana. *Medusa*, 1936



148. Lucio Fontana. *Concetto spaziale*, 1959



149. Alberto Burri, *Saco negro y rojo*, 1955

Del norte de Europa era la personalidad de los integrantes del grupo Cobra (1948- 1951), fundado en París por pintores y escritores como Karel Appel, Asger Jorn, Pierre Alechinsky o Pierre Corneille. Estos autores planteaban una continuidad del expresionismo de DieBrücke fusionado con el automatismo surrealista lo cual daba lugar a una violencia cromática que unida a una notable espontaneidad tenía como resultado un gran dinamismo y una feroz agresividad. *“El trazo del pincel surge de la nada y en la nada termina. Y entre medias está la vida, entremedias está el espacio vacío, la indefensión que recibimos en la vida... el sentimiento trágico.”*¹⁵¹



150. K. Appel. *Rostro en el paisaje*, 1961



151. A. Jorn, *Mujer el 5 de octubre*, 1958

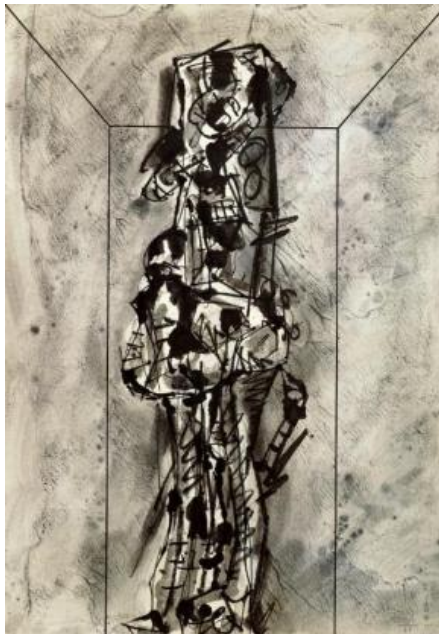


152. Alechinsky, *El mundo perdido*, 1959

El mismo sentimiento que aparece en la pintura española después de la sangrienta Guerra Civil y el inicio de una sombría dictadura, jóvenes artistas catalanes como Antoni Tàpies, Modest Cuixart, el poeta Joan Brossa, o el filósofo Arnau Puig formarán el grupo *Dau al Set* y en Madrid surgirá El Paso integrado por Manolo Millares, Luis Feito, Rafael Canogar,

¹⁵¹ Appel, Karel citado en Á Rebours. *La rebelión informalista (1939- 1968)*. M.N.C.A. Reina Sofía. Madrid 1999.

Antonio Saura, Pablo Serrano, Manuel Viola o el Crítico Manuel Conde. Destacamos la figura de Antonio Tapies (1923- 2012) en cuya obra la materia adquiere un gran protagonismo, arena, barro, polvo de mármol se mezclan con cuerdas, trapos, látex, etiquetas o facturas apareciendo en sus obras como rastros o signos de su propia existencia. Manolo Millares (1926-1972) muestra la ruina y la devastación en sus arpilleras desgarradas y enredadas en blanco y negro con algún matiz rojo que confiere dramatismo la obra y Antonio Saura (1930-1998) lleva a cabo una obra donde prevalece el gesto que da lugar a composiciones violentas y desgarradas donde en algunas ocasiones aparece una figura grotesca conectada muy directamente al submundo de las pinturas negras de Goya.



153. A. Saura. *Dama en su habitación*, 1950



154. M. Millares, *Homúnculo*, 1960



155. A. Tapies, *Tierra y paja*, 1969

El crítico y teórico francés Michel Tapié (1909-1987) organizó exposiciones y escribió sobre este tipo de arte tras conocer la obra de Fautier y de Dubuffet.

El mismo término informalismo apareció por vez primera en una muestra organizada en 1951 por Tapié *Signifiants de l'informel* y en *Un art autre* amplió el concepto de informal al otro lado del Atlántico al incluir en la muestra a representantes del expresionismo abstracto norteamericano al compartir ambas corrientes el influjo del surrealismo, el automatismo, la improvisación y el expresionismo.

4-3 EXPRESIONISMO ABSTRACTO AMERICANO

El expresionismo abstracto americano evolucionará paralelo al informalismo europeo integrando en su discurso el psicoanálisis, que influyó decisivamente a surrealistas; el existencialismo; el primitivismo y la sublimidad romántica. Éste será considerado una alternativa al realismo provinciano imperante en Norteamérica además del “*primer movimiento de vanguardia autóctono al margen de las influencias surrealistas y constructivistas europeas. [...] los norteamericanos impusieron sus señas de identidad a la vez que su hegemonía artística y reafirmaron su propio estilo, el de una pintura de tipo americano*”¹⁵²

Las raíces del expresionismo abstracto americano se encuentran en época de la gran depresión cuando muchos artistas pudieron dedicarse al arte exclusivamente gracias al Federal Art Project, que en el contexto de la Work Progress Administration, les ayudaba económicamente al reconocer la profesión de artista como merecedora de ayudas gubernamentales a través de encargos para edificios públicos. Difunden así la creación y la labor de los artistas en la sociedad y posibilitan la aparición de grupos como *Artistas Abstractos Americanos* o *The Ten* contrarios al arte regionalista y otras corrientes figurativas imperantes.

¹⁵² Guasch, Anna María. *El arte del siglo XX en sus exposiciones, 1945 – 2007*. Ediciones del Serbal. Barcelona 2009. Pág. 22

Además, la escuela Arts Student League abierta en 1934 en Nueva York por el pintor alemán Hans Hofmann (1880-1966) contribuyó en un primer momento a la difusión del Fauvismo, el Cubismo y el Expresionismo alemán¹⁵³, así como la New Bauhaus de Chicago fundada por Moholy-Nagy o el Black Mountain College en Carolina del Norte. Como ya se analizó al principio, el éxodo de artistas europeos a Norteamérica contribuirá decisivamente en el cambio de rumbo del arte americano y en la aparición del expresionismo abstracto americano, que dio sus primeros pasos en el *Primer Salón de Primavera* o *Spring Salon for Young Artist* organizado en 1943 por Peggy Guggenheim en su galería Art of This Century.

En esta muestra se descubrirán las obras de Pollock, Baziotes, Rothko, Motherwell, Hofmann, Gottlieb o Reinhardt, entre otros pintores que acabarán representado el nuevo arte estadounidense. Estos artistas no tienen una actitud estética uniforme, en su condición existencialista son solitarios e individualistas con un marcado estilo propio, si bien, entre ellos cabría establecer dos corrientes una vinculada al gesto y al grafismo y otra a la emotividad mística y al color. El máximo representante de la primera es Jackson Pollock (1912-1956) que en un principio trabajó para el *Federal Art Project* y en 1943 realizó su primera exposición individual en la galería Art of This Century caracterizada por un trazo enérgico y violencia gestual. A partir de 1947 comenzó a utilizar una técnica, *dripping*, que consistía en dejar gotear la pintura de manera incontrolada sobre un lienzo de grandes dimensiones que permanecía ubicado en el suelo, adquiriendo de esta forma el proceso de creación, el acto emocional

¹⁵³ A principio de siglo se comenzó a difundir en Norteamérica el arte de vanguardia europeo; en 1902 Stieglitz fundó el movimiento Photo-Secession y comenzó a publicar la revista Camera Work con la intención de difundir obras de fotógrafos vinculados al movimiento pictorialista como Gertrude Käsebier, Clarence White, Steichen, Frank Eugene, J. Craig Annan, George Davison o Alvin Langdon Coburn; tres años más tarde Stieglitz abrirá una galería en el número 291 de la Quinta Avenida con el nombre de Galería 291. En un principio la galería y la revista se ocuparon del trabajo de los fotógrafos pictorialistas pero a partir de 1910 comienza a exponer, con su posterior publicación en la revista Camera Work, arte de vanguardia europeo: Matisse, Picasso, Braque, Picabia, Brancusi, Cézanne, así como cuadros de pintores americanos: Max Weber, John Marin o, más tarde, Georgia O'Keeffe.

definido por el gesto y traducido en ritmo pictórico, todo el protagonismo de la obra artística; y dando lugar a lo que se denominara *action painting* o pintura de acción. Pollock se desplaza alrededor del lienzo, tendido éste en el suelo, arrojando sobre él chorros de pintura industrial que superan los límites del lienzo, dando como resultado trazas, senderos, manchas o semicírculos donde no existe ningún centro de atención ni jerarquía en las formas. Todo aparece como consecuencia de un estado de trance, donde el artista danza rítmica y repetitivamente durante la consecución de la obra, que le acerca a las proposiciones surrealistas sobre el automatismo psíquico y se orientará hacia el *happening* en los años 60. Él mismo explicará: “Cuando estoy en mi pintura, no soy consciente de lo que estoy haciendo. Sólo después de una suerte de período de enterarme veo qué he estado haciendo”¹⁵⁴. Pollock se aproximará gradualmente a la naturaleza en base a la creencia manifestada por Hofmann “de que el arte abstracto tiene su origen en la naturaleza”¹⁵⁵.

Éste aconsejó a Pollock que su trabajo tenía que abordarse desde la naturaleza y éste respondió “yo soy la Naturaleza”, “los ritmos de la naturaleza son importantes para mí [...] el modo en el que se mueve el océano. [...] Trabajo de dentro hacia fuera, como la naturaleza”¹⁵⁶. Esta relación con el medio natural se puede observar en como nombra alguna de sus obras: *Galaxy, Phosphorescence, Vortex, Ocean Greyness, The Deep...* y en como expresa a través de sus pinturas “la energía, el movimiento y las otras fuerzas interiores”¹⁵⁷.

¹⁵⁴ Foster, Hal, R. Krauss, Y. Boris, B. Buchloh. *Op Cit.* Pág. 350.

¹⁵⁵ Chipp, Herschel B. *Teorías del arte contemporáneo*. Ediciones Akal 1995. Madrid. Pág. 544.

¹⁵⁶ Citado por Golding, John. *Caminos a lo absoluto*. Editorial Turnen. Madrid. 2003. Pág. 162.

¹⁵⁷ Citado por Moszynska, Anna. *El arte abstracto*. Ediciones Destino. Thames and Hudson. Barcelona. 1996. Pág. 152.



156. Jackson Pollock. Dripping



157. J. Pollock. *Galaxia*, 1947

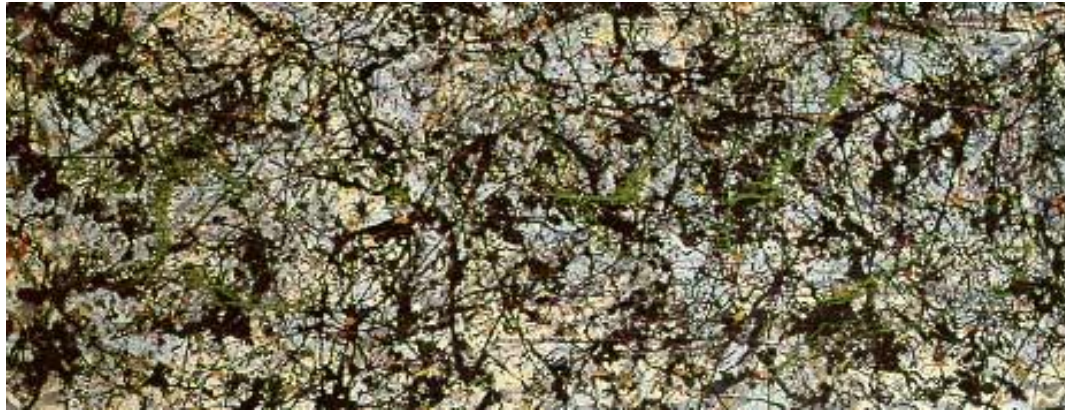


158. J. Pollock. *Profundo*, 1953

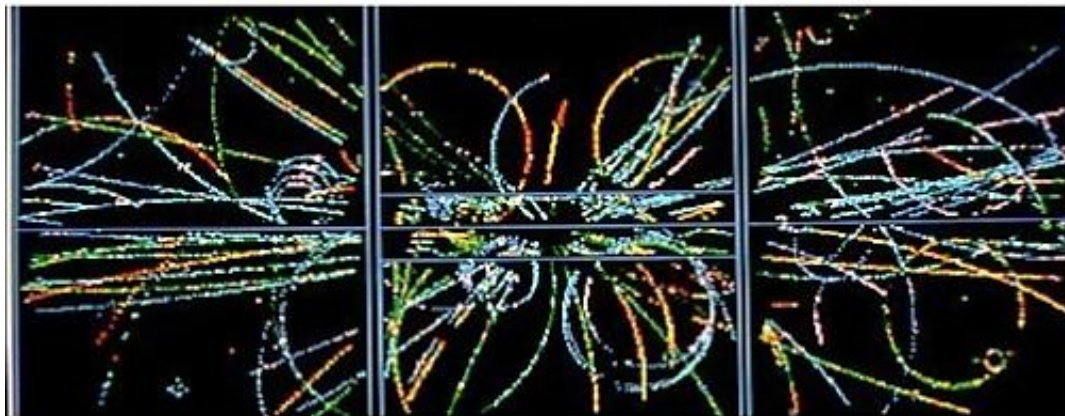
El historiador del arte Robert Rosenblum (1927-2006) desarrollará en los años 60 una teoría en la cual vinculará la obra de los pintores pertenecientes al expresionismo abstracto con los pintores románticos del siglo XIX. Expone dicha teoría en su artículo *The Abstract Sublime* y en el libro *Modern Painting and the Northern Tradition: Friedrich to Rothko* publicado en 1975. Para Rosenblum Pollock “evoca invariablemente los sublimes misterios de las fuerzas indomables de la naturaleza. Al igual que los fabulosos panoramas que ofrecen el telescopio y el microscopio, sus cuadros nos dejan deslumbrados ante los imponderables elementos de la galaxia y el átomo”¹⁵⁸. Igualmente, tal como se ha expuesto en esta tesis, Peter Blanc también

¹⁵⁸ Rosenblum, Robert. *The Abstract Sublime*. ART news 59, nº 10 Febrero 1961. Págs 38-41, 56 y 58. Publicado en catalogo exposición. *La abstracción del paisaje. Del romanticismo nórdico al expresionismo abstracto*. Fundación Juan March. Madrid 2007. Págs 161-167.

observa ciertas analogías entre las obras de algunos pintores expresionistas abstractos, entre los cuales se encuentra Jackson Pollock, y las fotografías de partículas subatómicas colisionando, que se conocían y se difundían desde 1930 (ver apéndice 10 punto 10.3.5), sugiriendo que estas imágenes pudieron influir en la elaboración de obras realizadas por los artistas relacionados con esta corriente “*de la misma manera que ocurrió en generaciones anteriores con otras fotografías*”¹⁵⁹.



159. Pollock, *Lucifer*, 1947



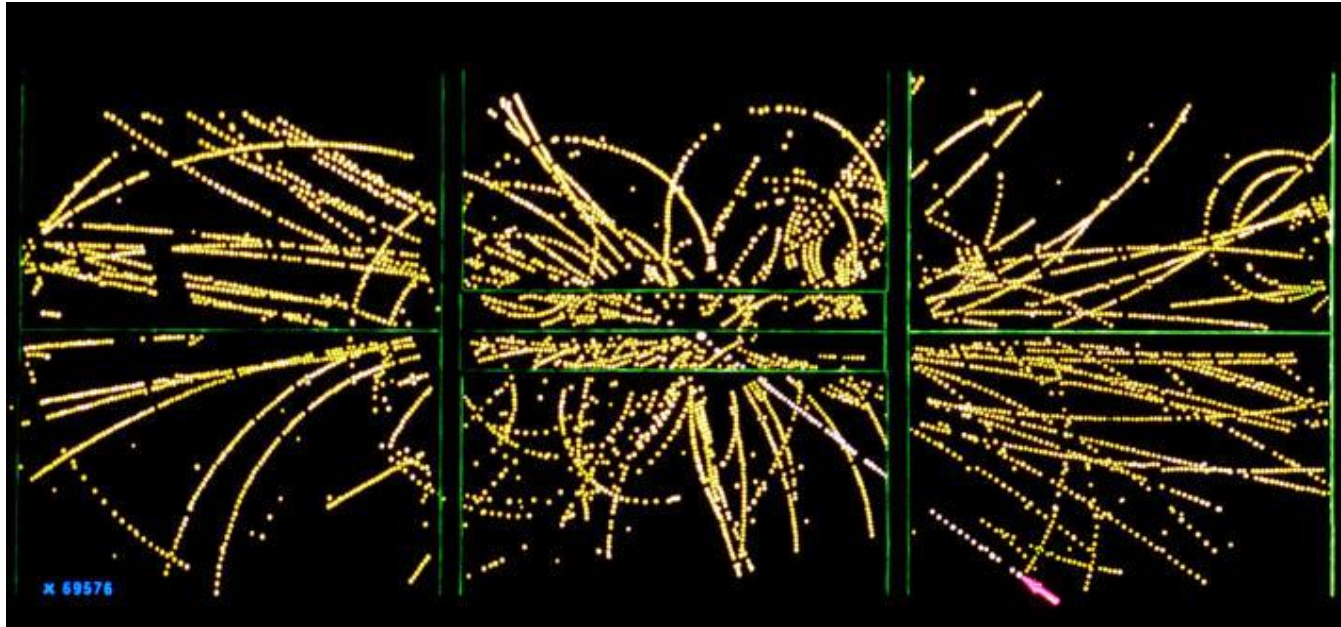
160. A1420302-*Spray de partículas* CERN-SPL

¹⁵⁹ Scharf, Aaron. *Op.Cit.* Madrid 1994. Pág. 331.

En la actualidad, gracias a los modernos detectores ubicados en los aceleradores de partículas, se registra de la forma más objetiva posible la grandeza e infinitud del mundo subatómico donde se puede observar un orden azaroso y caótico muy similar al desarrollado por Pollock en sus composiciones. Este mundo de partículas y energías, donde el comportamiento de la materia es muy distinto que a escala humana, revela la esencia misma de la materia y de lo incognoscible produciendo “esa *sobrecogedora confrontación con una ausencia de límites*”¹⁶⁰ que desencadena en el sujeto el sentimiento de *lo sublime*. Ya sean imágenes de partículas subatómicas o de fragmentos del Universo, lo nanométrico y las unidades astronómicas representadas en estas imágenes superan “*la capacidad de nuestra intuición de tal modo que esa inadecuación produce en nosotros un cierto terror, una cierta angustia*”¹⁶¹. El desarrollo de la ciencia y tecnología modernas nos permite penetrar en el interior de la materia y en el espacio profundo, representar los objetos y fenómenos que tienen unas dimensiones superlativas, absurdas a escala humana pero sublimes en cuanto a su infinitud, que originan ese sentimiento de aflicción, desasosiego y emoción que podemos experimentar de igual forma que contemplando las obras de los pintores románticos y expresionistas abstractos.

¹⁶⁰ Rosenblum, Robert. *The Abstract Sublime*. ART news 59, n° 10 Febrero 1961 págs 38-41,56 y 58. Publicado en catalogo exposición. *La abstracción del paisaje. Del romanticismo nórdico al expresionismo abstracto*. Fundación Juan March. Madrid 2007. Pág 165.

¹⁶¹ “*Kant habla de la absoluta disparidad entre algunas magnitudes naturales y la capacidad de nuestros sentidos para poder aprehenderlas. También aquí la grandeza es factor decisivo en la elaboración del concepto, pero, a diferencia del empirismo, Kant no se refiere sólo ni estrictamente a los fenómenos naturales, aunque los tiene bien en cuenta, tal como puede apreciarse en su explicación de la tormenta como fenómeno sublime, sino a la posibilidad de establecer magnitudes infinitas, por definición más allá de la capacidad de nuestra intuición sensible, limitada a lo finito. La distancia entre esas magnitudes y nuestra intuición sensible no es solamente grande, es absoluta, y nunca podría cubrirse*”. Bozal, Valeriano. Immanuel Kant. *Historia de las ideas estéticas y de las teorías artísticas contemporáneas*. Vol I La Balsa de la Medusa. Madrid 1996. Pág. 189.



161. El descubrimiento de la partícula W en el detector UA1: una colisión protón-antiprotón produce un electrón de alta energía transversal (flecha). CERN-SPL

Mark Rothko (1903 -1970) expresará en su obra esas sensaciones de inmensidad e infinitud a través de lo que se denominará como *color field painting*. Se trata de pinturas abstractas formadas por grandes áreas de color, rectángulos suspendidos en un espacio brumoso obtenidos mediante zonas de color suavizadas que infunden una luminosidad que fluye del interior de la pintura. Estos cuadros “*han sido interpretados como afirmaciones definitivas sobre la meditación, lo metafísico y lo sublime*”¹⁶². Su anhelo es el de expresar el mundo interior del artista “*en el deseo insaciable de fundirse en una unidad con el*

¹⁶² Bartelik, Marek. *Á Rebours. La rebelión informalista (1939- 1968)*. M.N.C.A. Reina Sofía. Madrid 1999. Pág. 260.

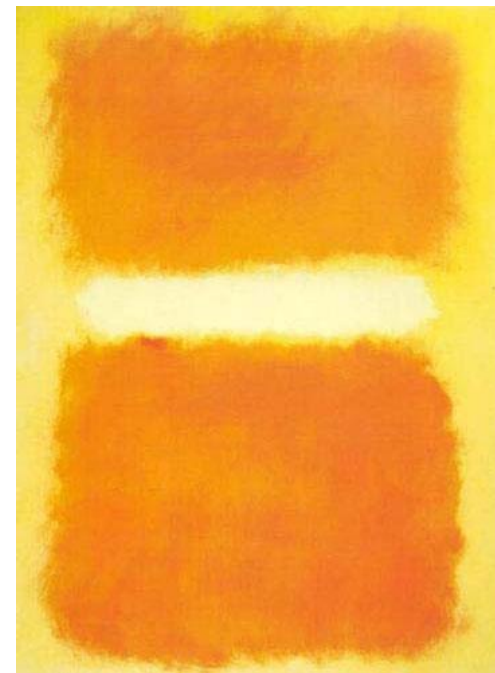
*todo cósmico*¹⁶³, así como la transmisión de esta experiencia a un hipotético observador de su obra *“las franjas flotantes y horizontales de luz velada de Rothko parecen esconder una presencia absoluta, remota, que sólo intuimos y jamás alcanzamos a captar del todo.*



162. Mark Rothko. Sin título. Amarillo, rojo, azul. 1953



163. Mark Rothko. Nº 7, 1964



164. Mark Rothko. Nº 6, 1952

*Esos infinitos e intensos vacíos nos transportan, más allá de la razón, hasta lo sublime; lo único que podemos hacer es rendirnos ante ellos en un acto de fe y dejarnos absorber por sus radiantes profundidades*¹⁶⁴, como en la observación del

¹⁶³ *Op.Cit.* 1999. Pág. 412.

¹⁶⁴ Rosenblum, Robert. *The Abstract Sublime*. ART news 59, nº 10 Febrero 1961 págs 38-41,56 y 58. Publicado en catalogo exposición. *La abstracción del paisaje. Del romanticismo nórdico al expresionismo abstracto*. Fundación Juan March. Madrid 2007. Pág 165

Cosmos o del interior de la materia donde prácticamente todo es vacío y energía que durante siglos ha permanecido oculta a la comprensión humana, gracias al desarrollo de la ciencia a lo largo del tiempo y a genios que propiciaron la revolución científica de su tiempo, y del nuestro, Descartes, Galileo, Copérnico, Newton, Kepler, Maxwell, Faraday, Planck, Einstein, ... Gracias a ellos empezamos a descubrir tímidamente nuestra posición en el Universo para darnos cuenta que *“El tamaño y la edad del Cosmos superan la comprensión normal del hombre. Nuestro diminuto hogar planetario está perdido en algún punto entre la inmensidad y la eternidad”*¹⁶⁵. Además, desconocemos prácticamente la totalidad de la energía y de la materia que constituye el Universo y como ésta interacciona con los tipos de materia que sí comprendemos. Casi todo es invisible y no detectable, la materia oscura ni emite ni refleja suficiente radiación electromagnética como para poder ser observada con la tecnología actual, aunque *“los experimentos demuestran que la única manera de explicar las fuerzas gravitatorias y la evolución del Universo -la atracción entre objetos distintos- es asumiendo que la masa del Universo es diez veces mayor de lo que observamos”*¹⁶⁶. Luego, la contemplación del Universo es sublime en cuanto a su naturaleza incognoscible e ilimitada, además *“profundamente sublime será el Cosmos, por tanto, para el observador moderno, porque éste, después de Einstein, ya no ignora que lanzar una mirada al espacio es hacer un viaje en el tiempo”*¹⁶⁷.

Los pintores expresionistas abstractos son conscientes en su momento histórico de la pertenencia a ese Universo y de la necesidad de integrarse en él “yo soy la naturaleza” que declaraba Pollock. Mientras el lenguaje abstracto de Rothko, “nos

¹⁶⁵ Sagan, Carl. *Cosmos*. Editorial Planeta. Barcelona. 2004. Capítulo I. Pág. 11

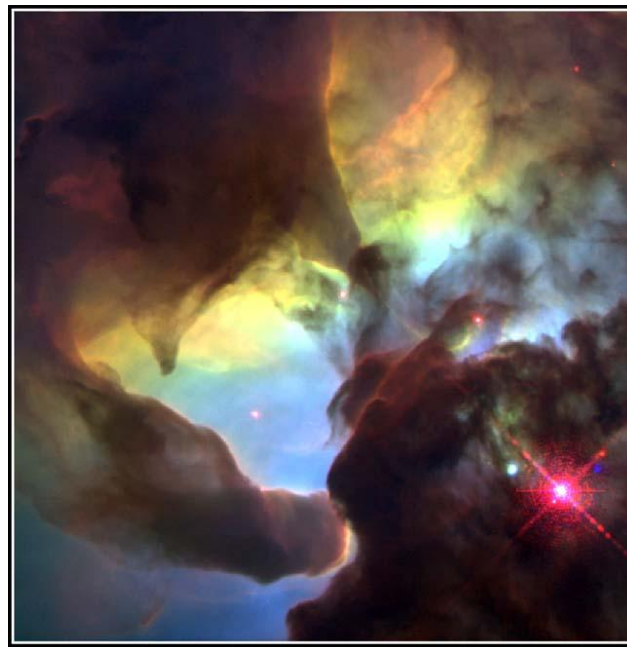
¹⁶⁶ Chudnovsky, Eugene. *Sobre una nube de electrones*. En Punset, Eduardo, Cara a cara con la vida, la mente y el Universo. Conversaciones con los grandes científicos de nuestro tiempo. Ediciones Destino Barcelona 2007. Pág. 63.

¹⁶⁷ Didier Ottinger. En *Cosmos. Del romanticismo a la vanguardia 1801-2001*. Jean Clair. Centro de cultura contemporánea de Barcelona 1999. Pág. 252.

coloca en el umbral de esas infinidades carentes de forma de las que hablaban los estetas de lo sublime”¹⁶⁸ o Clyfford Still (1904-1980) se interesa “cada vez más por la dimensión espiritual del arte fundiendo la naturaleza y el ser frente a la mórbida opresión de la civilización moderna”¹⁶⁹, la civilización moderna iniciaba una guerra fría después de haber lanzado dos bombas atómicas con el fin de concluir la guerra más cruenta de la historia, generado sentimientos desestabilizadores y monstruosos, con lo cual el artista dirige la mirada hacia su interior centrándose en lo más incomprensible de su ser, el inconsciente, rechazando una realidad que no conduce a ningún lugar salvo a la tragedia.



165. Clyfford Stil. Octubre, 1950



166. A. Caulet. *Nebulosa de la laguna*. NASA. 1995

¹⁶⁸ Rosenblum, Robert. *The Abstract Sublime*. ART news 59, n° 10 Febrero 1961 págs 38-41, 56 y 58. Publicado en catalogo exposición. *La abstracción del paisaje. Del romanticismo nórdico al expresionismo abstracto*. Fundación Juan March. Madrid 2007. Pág 164.

¹⁶⁹ Bartelik, Marek Á Rebours. *La rebelión informalista (1939- 1968)*. M.N.C.A. Reina Sofía.Madrid 1999.

4-4 POP

Superada la crisis de la guerra Estados Unidos se establece como la primera potencia mundial exponiéndole al mundo la imagen fascinante de una sociedad opulenta, equilibrada y segura donde el consumo masivo, apoyado por el crédito, desembocaría en la actual sociedad de consumo. Este sistema presentará como principales valores la abundancia y el éxito material y como esenciales difusores la publicidad y los medios de comunicación de masas, dando lugar a una nueva manera de realizar arte. Esta nueva concepción es opuesta a la transcendencia del expresionismo abstracto, que captaba su discurso en la nueva cultura popular y de masas para volver de nuevo a la realidad más cotidiana. Robert Rauschenberg (1925-2008) realizará *Combined Painting* donde fusionará pintura y objetos e imágenes de la vida cotidiana influido por los *assamblages* dadaístas de Hausmann o Schwitters. Jasper Johns (1930-) representará en sus pinturas objetos emblemáticos como banderas, dianas o mapas que simbolizaban el patriotismo de la época a través de trasladar al lienzo la noción de *ready-made*. Comenzaba así una transferencia de objetos cotidianos extraídos de revistas, cómic, carteles publicitarios, del cine y de la reciente televisión al arte, facilitando un discurso artístico que originaría un descalabro en la noción de arte al desaparecer el interés por la originalidad y la unicidad de la obra artística, dando paso al apropiacionismo y la simulación posmodernas. Andy Warhol (1928-1987) representaría al artista precursor de llevar a término estas prácticas.

167. J.Johns. *Bandera americana*, 1960-1966



168. Rauschenberg, *Stoned Moon Series, Horn*, 1969



169. Rauschenberg, *Dylaby Combine Painting*, 1962

Adoptando las ideas de Rauschenberg, que en último término procedían de Duchamp, donde cualquier objeto podía convertirse en una obra de arte, y de Jasper Johns, que elegía imágenes ya creadas para utilizarlas artísticamente, Warhol creó obras a partir de objetos y productos comerciales muy populares como las botellas de Coca-Cola, los botes de sopa Campell o los mitos producidos en la sociedad de consumo: Marilyn, Elvis, Liz Taylor, Marlon Brando o Mao. Estos eran presentados simplemente, como un *ready-made*, o reproducidos en pintura o serigrafía a modo de imagen publicitaria multiplicada al “entender que la esencia de la cultura popular (la cultura audiovisual frente a la del mundo de los libros) se basaba en la

*repetición más que en la novedad*¹⁷⁰. Equiparó el arte a la producción industrial realizada por las máquinas. Varios fueron los artistas que se incorporaron a esta corriente que muestra una sociedad cada vez más mecanizada y vulgarizada gracias a los nuevos medios de comunicación de masas, desarrollando una actitud pragmática ya que *“la posición pop frente a la realidad, la american way of life, nunca fue crítica. La actitud era rebelde respecto al arte, pero conforme respecto al sistema”*¹⁷¹. La transformación del mundo pretendida por la vanguardia europea y la necesidad de fusión con la naturaleza de los expresionistas abstractos se estrella literalmente contra el muro de la realidad más prosaica y banal que exhibe el Pop–Art, desplegando en los museos los subproductos de la sociedad consumista y de la cultura urbana, en un intento de liberarse de las influencias europeas con el objetivo de producir el primer estilo “específicamente americano”¹⁷².



170. Warhol. *Marilyn Monroe*, 1967



171. Warhol. *Silla eléctrica*, 1965

¹⁷⁰ Watson, Peter. *Op Cit.* Pág. 549

¹⁷¹ Guasch, Anna María. *El arte del siglo XX en sus exposiciones, 1945 – 2007*. Ediciones del Serbal. Barcelona 2009. Pág. 86

¹⁷² Coplans, J. *Pop Art, USA*. Artforum, octubre 1963 pág. 27. Citado por Guasch, Anna María. *Op Cit.* Pág. 86

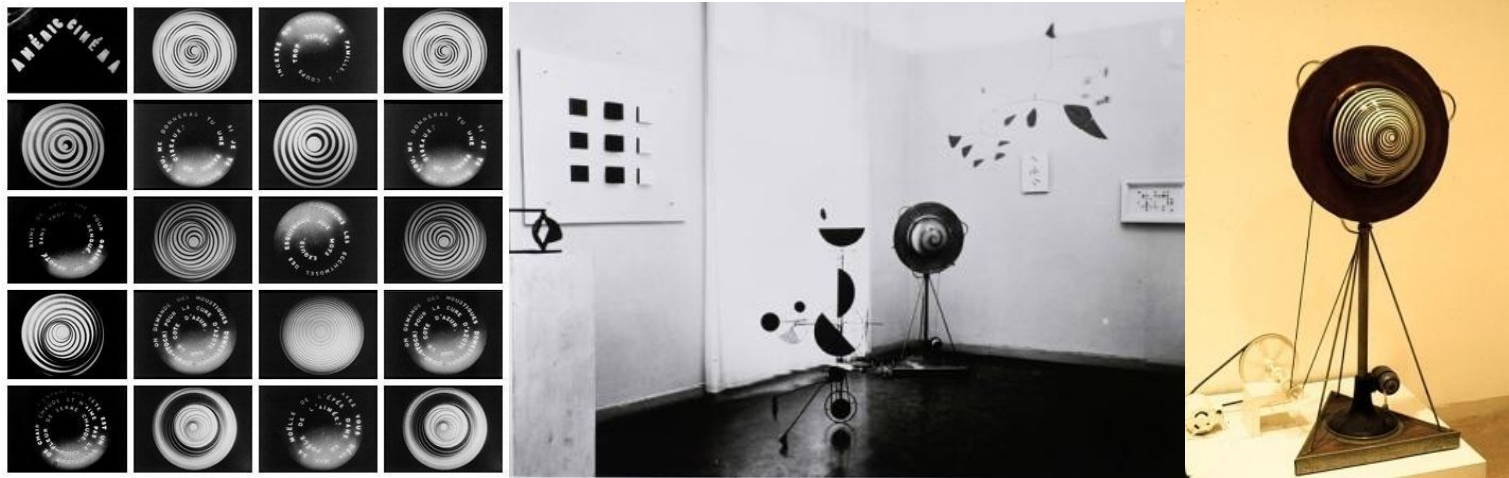
4-5 ARTE Y CIENCIA. ÓPTICO CINÉTICO. POST-PAINTERLY ABSTRACCIÓN

Paralelo al expresionismo abstracto y al informalismo surgió una corriente igualmente abstracta que se separó del carácter psíquico y transcendental de éstos para acercarse a la objetividad y la experimentación científica y tecnológica. Tenía el propósito de restablecer y renovar las propuestas geométricas constructivistas, neoplasticistas y de otras corrientes herederas directas de las ideas de la Bauhaus, llegadas a Norteamérica desde Europa gracias al exilio de artistas europeos que, instalados en universidades e institutos de arte y diseño, se dedicaban a difundir y enseñar los proyectos desarrollados por las vanguardias. Esta nueva abstracción desarrollará varias vías, una de las cuales se manifestará en Norteamérica y partirá del legado de los maestros del *Color Field Painting*, Rothko, Newman o Reinhardt. Se denominará *Post-painterly Abstraction*. Esta tendencia se alejará del idealismo romántico y del subjetivismo transmitiendo una sensación más racional y fría al centrarse en la especificidad de la pintura como objeto de dos dimensiones que contiene en su nítida superficie una definición precisa de las formas, básicamente geométrica. Hace gala de una acentuada simetría y una gran intensidad cromática, prescindiendo del gesto, la textura y la materia, con la intención de suprimir de la pintura cualquier vínculo con la escultura o motivo retórico, desnudándola para convertirla en un objeto bidimensional contenedor de figuras elementales coloreadas. Pintores destacados de esta tendencia fueron Frank Stella (1936-), Morris Louis (1912 -1962) o Kenneth Noland (1924-) que “*frente a la espontaneidad, la ambigüedad y la complejidad del expresionismo, adoptaron la preconcepción basada en el máximo orden, sistematización y claridad*”¹⁷³, influyendo posteriormente a una nueva forma de arte denominada minimal.

¹⁷³ Guasch, Anna María. *Op Cit.* 2009. Pág. 151

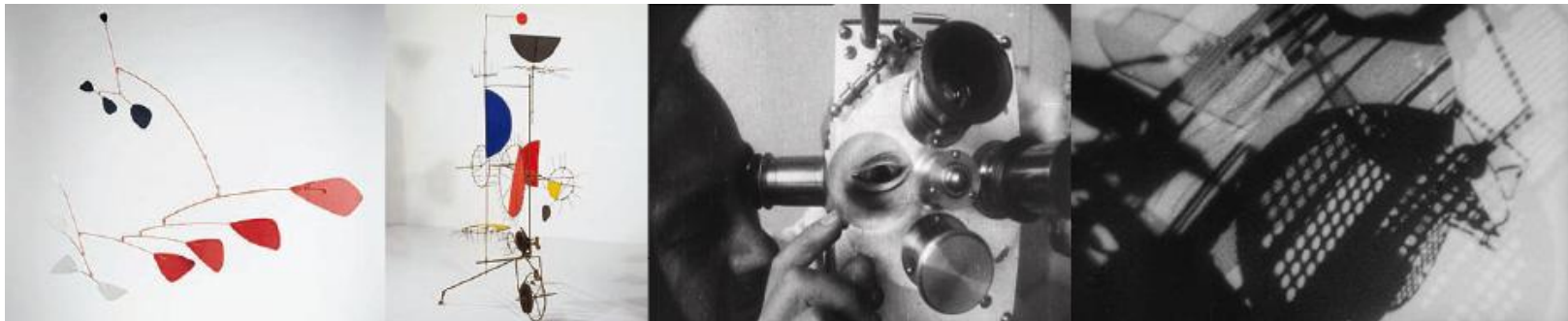
172. Morris Louis, *Numero 11*, 1961173. Kenneth Noland. *Puente*, 1964174. F. Stella, *Harran II*, 1967

En Europa la herencia más formalista de las vanguardias se reunió en 1955 en la galería Denise René de París en una exposición titulada *Le Mouvement* en la que los artistas incluirán dentro de las obras expuestas el factor temporal, desarrollándose a causa de éste una cinemática intrínseca a la propia obra y surgiendo así el *cinetismo* o *arte cinético*. Esta nueva manifestación artística se aproxima de nuevo a la ciencia y la tecnología tal y como anteriormente lo hizo el puntillismo, el futurismo, Duchamp, la vanguardia rusa o la Bauhaus. A través de la experimentación y la utilización de dispositivos mecánicos, eléctricos, electrónicos, magnéticos o electromagnéticos dotarán de movimiento a las obras. La acción puede ser real, al producirse el movimiento por medios naturales como el viento o el agua, o artificiales como diferentes tipos de mecanismos y dispositivos generadores de energía. También se puede producir un movimiento virtual creado por medio de efectos ópticos que proporcionan a la obra una ilusión de cambio a través de un movimiento ficticio, denominado en este caso *Op Art*.



175. Duchamp, *Anemic cinema*, 1926

176.a) *El Movimiento*, galería Denise René, 1955



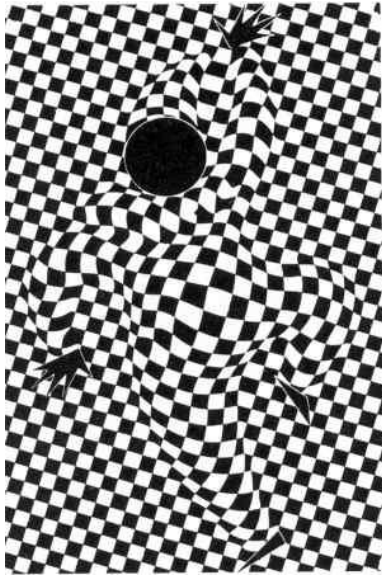
176. b) *El movimiento*. Exposición en la galería Denise René, 1955

Uno de los artistas más destacados de esta corriente es el húngaro Victor Vasarely (1908-1997) que presentó el *Manifiesto amarillo* a favor del movimiento en el arte del siglo XX. En él destacó obras de algunos artistas de la vanguardia como la *Rueda de bicicleta* (1913), primer ready-made de Duchamp, su película *Anemic Cinema* (1926), sus *Discos ópticos* (1935), la *Construcción cinética* de Naum Gabo, la cual utiliza un motor eléctrico para provocar una oscilación o el *Modulador de*

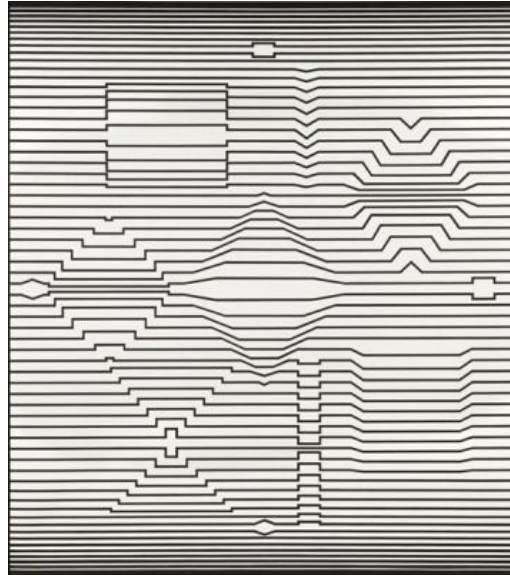
luz (1935) de Moholy-Nagy. Además defiende un lenguaje plástico multidimensional y participativo, como se aprecia en alguna de las obras de la muestra por ejemplo las pinturas transformables de Yacov Agam (1928-) que podían ser manipuladas por el espectador creando nuevas imágenes, los *Multiplans* de Pol Bury (1923-2005), formas geométricas que se movían gracias a la energía transferida a través de motores eléctricos o los móviles de Alexander Calder, fechados en 1932, accionados a través de la más mínima corriente de aire. La obra de Vasarely se centrará en una ilusión óptica generadora de movimientos virtuales, creada a base de composiciones en distintos planos que albergaban distintas formas cromáticas pintadas sobre la superficie de ellos. *“La crítica de la época acogió favorablemente este tipo de obras, valorando especialmente la convergencia de la creación artística con la investigación científica”*¹⁷⁴. Arte y ciencia vuelven a reunirse en un entorno experimental y creativo desviando el rumbo tomado por el expresionismo abstracto y el informalismo, donde la creación artística era reflejo de un estado de ánimo individual, para convertir un vez más al artista en ingeniero constructor y científico investigador que utiliza mecanismos o estímulos basados en procesos fisiológicos de percepción visual. Todo esto lo hacen los artistas con la intención de mostrar unos fenómenos ópticos objetivos y anónimos en los que, de igual manera que en la propia naturaleza, todo está en constante movimiento y permanente cambio. Revelan una nueva sensorialidad que *“define a un sujeto más evolucionado y más apto para ejercer el dominio sensitivo en las nuevas condiciones que la transformación de su entorno artificial le ofrece sin cesar”*¹⁷⁵.

¹⁷⁴ Guasch , Anna María. *Op Cit.* 2009. Pág. 114

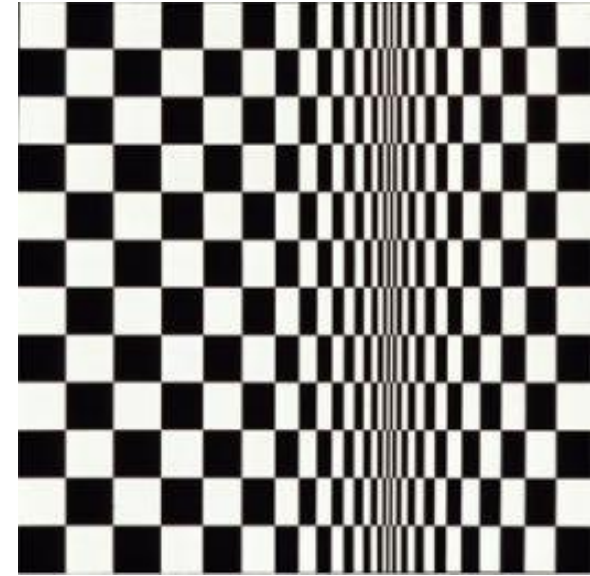
¹⁷⁵ Pierre, Arnauld. Sensorialidad excéntrica. *La utopía polisensorial del arte óptico–cinético*. En Catalogo exposición *La utopía cinética 1955- 1975*. Fundació Sa Nostra, Caixa de Balears. Caja San Fernando Obra social. Mallorca/ Sevilla 2006. Pág. 30



177 Vasarely, *Harlequin*, 1935.



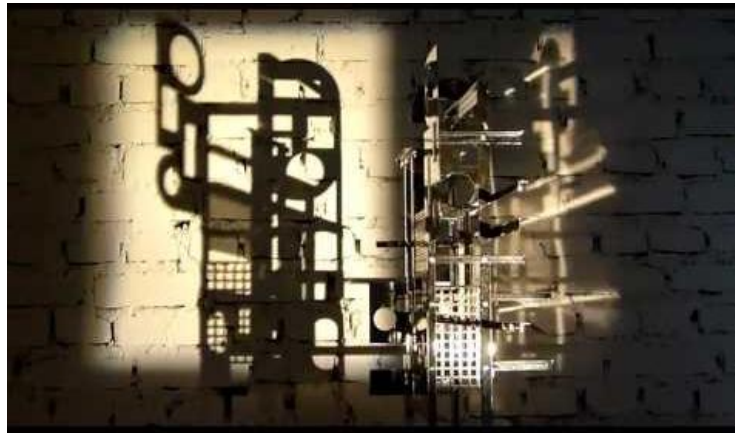
178 Vasarely, *Ibadan pos*, 1957



179. B. Riley, *Cuadrados en movimiento*, 1961

Durante la II Guerra Mundial la investigación y el desarrollo científico se convirtieron en un recurso fundamental para derrotar al enemigo dando como resultado el dominio de la energía nuclear para fines militares y civiles, la utilización masiva del radar, la máquina de Turing, para la descryptación del código alemán Enigma o el ENIAC, utilizado para realizar cálculos en el proceso de construcción de la bomba atómica. Estas dos máquinas de cálculo serán los antecesores de los modernos ordenadores utilizados masivamente en el inicio del siglo XXI. Este desarrollo científico dará como resultado nuevas formas de percepción extendiéndolas a zonas anteriormente invisibles y posibilitando así nuevos descubrimientos que mostrarán mundos que hasta ese momento habían permanecido ocultos. A su vez facilitará la creación de instrumentos más sofisticados para explorar la realidad, muestra de ello es la creación de potentes aceleradores de partículas para examinar el mundo subatómico

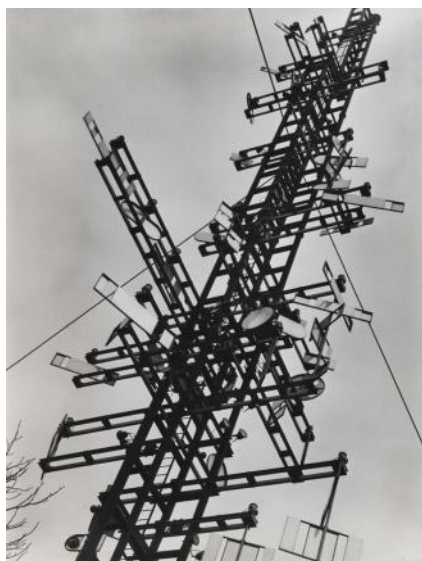
que se volvía cada vez más complejo con la aparición de nuevas partículas. Nicolas Schöffer (1912- 1992) realiza en 1962 una serie de obras móviles y luminosas denominadas *Microtiempos*. Él los considera *aceleradores visuales* al vincularlos con los aceleradores de partículas “a los que el artista también se refiere hablando de *ciclotrones visuales*, el ojo hiperestésico del espectador moderno se mide esta vez con el poder de las descargas energéticas de la materia corpuscular”¹⁷⁶. Estimularían la percepción neuronal en lugar de la retiniana haciéndose “eco de las investigaciones contemporáneas de un Alfred Fessard sobre los microrritmos neuronales y sobre la cinética del mecanismo nervioso, en la base de los mensajes que los sentidos envían al cerebro”¹⁷⁷. El arte cinético y el óptico van a ser en parte reflejo del desarrollo tecnológico de esa época ya que “la historia del arte transcurre paralela a la de los avances científicos. Desde hace siglos, sus progresos se han aplicado a las artes, mutando la apariencia y la forma de presentación de las obras, incluso su durabilidad”¹⁷⁸.

180. Schöffer. *Microtiempos*, 1968181. Schöffer. *Lux 13 variations*, 1967182. Schöffer. *Lux 11*, 1960

¹⁷⁶ Arnould, Pierre. *Sensorialidad excéntrica. La utopía polisensorial del arte óptico-cinético*. En Catálogo exposición *La utopía cinética 1955- 1975*. Fundació Sa Nostra, Caixa de Balears. Caja San Fernando Obra social. Mallorca/ Sevilla 2006. Pág. 36

¹⁷⁷ Fessard, Alfred. *Leçon inaugurale 1949*, en Alain Berthoz *Leçons sur le corps, le cerveau et l'esprit*. Odile Jacob, París 1999. Pág. 311. En *Op.Cit.* Pág. 36

¹⁷⁸ Brea, Jose Luis. *Las tres eras de la imagen: la imagen electrónica*. Exit Express. Nº 31. Noviembre 2007. Madrid. Pág. 14



183.Schöffer *Torre cibernetica*, 1960



184.Schöffer, *(moving)*, 1956



185. Schöffer delante de su escultura *Le Prisme* 1964

Como se está advirtiendo a lo largo de la tesis “*el arte es el hijo de su tiempo*”¹⁷⁹ siendo el artista un explorador de la realidad que le toca vivir, transformándola con su imaginación creadora en utopía, nueva visión, anhelo, ideal, alucinación, ficción, absurdo, espejismo, capricho, poesía, invención, cuento, desvarío, mito, artificio, fascinación o mentira. En esta tesis se analiza la influencia ejercida por la ciencia y el desarrollo tecnológico a lo largo del arte del siglo XX que, como se puede ir apreciando en esta investigación, influye en una gran mayoría de las corrientes y movimientos artísticos desde el cubismo hasta el cinetismo y el arte óptico visto hasta ahora. No obstante, y de igual forma que ocurre con los acontecimientos científicos, aparecen en un momento determinado de la historia para evolucionar y transformarse en otras realidades o desaparecen para,

¹⁷⁹ Kandinsky, Wassily. Citado en Frank, Dan, *Bohemios*. Ollero & Ramos Editores S.L. Madrid 1999. Pág. 235

en el mejor de los casos, ser recuperados en un futuro como parte de una idea o investigación que nos muestra otras realidades ocultas hasta ese momento. El arte cinético desapareció de la escena artística con igual rapidez que surgió a consecuencia de *“la gradual dominación de la de la rama Op del cinetismo sobre todas las demás”*¹⁸⁰. El Op Art utilizará la seriación como forma de organización de la imagen disponiéndola de manera similar a los datos introducidos en las nuevas computadoras de arquitectura Von Neumann. En estas *“máquinas de von Neumann”* las instrucciones del programa y los datos estaban almacenados en una memoria, posibilitando así la programación de la máquina utilizando un lenguaje cuya base era un código binario, evitando las múltiples conexiones físicas con cables. Shannon¹⁸¹ había propuesto la lógica simbólica contenida en el álgebra de Boole, con la idea de simplificar los diseños de los complejos circuitos eléctricos de conmutación comenzándose así un nuevo camino que posibilitaría la utilización de circuitos eléctricos de tipo digital utilizando un código binario.

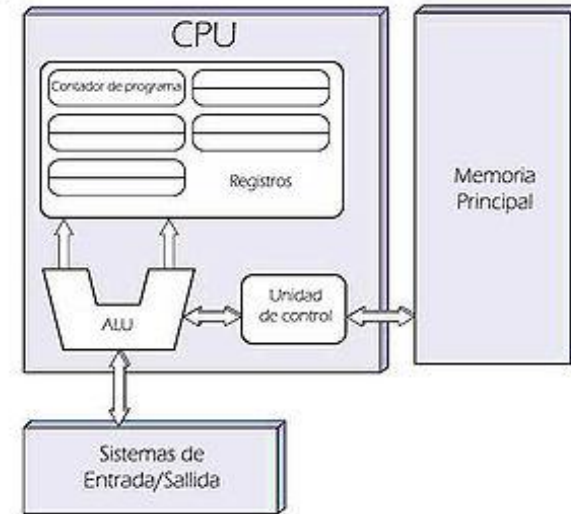
*“Los nuevos aparatos para calcular
fascinaron a los artistas más interesados por
desarrollos de combinatoria o estadística”*¹⁸².

Esta repetición y seriación de formas geométricas va a manifestarse en un movimiento que nacerá en Norteamérica como una evolución de la *Post-painterly Abstraction* citada anteriormente y un rechazo a el realismo generalizado por el pop art.

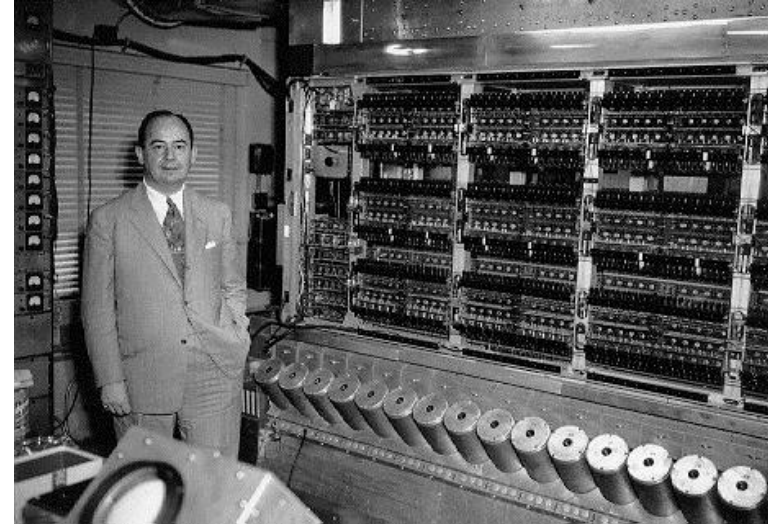
¹⁸⁰ Al inicio del arte cinético y el Op Art existía una heterogeneidad de estilos expresivos y discursivos que se abandonarán a lo largo del periodo de existencia de este movimiento: la manipulación del objeto por el espectador; el movimiento del objeto mediante una forma natural de energía; el movimiento ilusorio mediante la activación óptica de una superficie, obras bidimensionales y tridimensionales con movimiento o estaticas etc. Foster, Hal, R. Krauss, Y. Boris, B. Buchloh en *Arte desde 1900*. Editorial Akal. Madrid. 2006. Pág. 381

¹⁸¹ Más adelante me referiré a Claude Shannon y sus aportaciones en el campo de la teoría de la información o comunicación

¹⁸² San Martín, F. Javier. *Últimas tendencias: las artes plásticas desde 1945. El mundo contemporáneo*. Dirigida por Juan Antonio Ramírez. Alianza Editorial. Madrid. 1997. Pág. 357



186. Diagrama bloques de arquitectura de computadora Von Neumann



187. John Von Neumann, 1952

4-6 MINIMAL ART Y ARTE CONCRETO

El minimalismo incorporará a las figuras geométricas una tercera dimensión, seducidos por la línea, los planos y los volúmenes.

Estos artistas van a obtener de sus obras “*un máximo nivel de abstracción, una geometría estricta, basada en el orden, la simplicidad, la claridad, la literalidad y un acabado industrial que borre cualquier huella de manualidad*”¹⁸³. Su finalidad es reducir hasta encontrar una sobriedad que elimine cualquier alusión psíquica o espiritual, tal como aparece en la obra de los expresionistas abstractos, centrándose exclusivamente en argumentos puramente formales como son la escala, el volumen, el

¹⁸³ San Martín, F. Javier. *Últimas tendencias: las artes plásticas desde 1945. El mundo contemporáneo*. Dirigida por Juan Antonio Ramírez. Alianza Editorial. Madrid. 1997. Pág. 361

color o el espacio y en una forma de representación modular y serial. Este fenómeno tiene claras similitudes con el Pop Art, ya que utiliza para la consecución de las piezas materiales prefabricados y procesos de producción industrial. Estas propuestas darán como resultado “*objetos literales, objetos que se definían únicamente por una afirmación literal y enfática de su existencia en tanto que no querían sugerir nada más allá de sí mismos*”¹⁸⁴. Donald Judd (1928- 1994) calificó estas obras de *objeto específico* ya que la obra tiene que “*ser en su ser, al margen de cualquier intención expresiva del artista o del espectador*” o como decía Frank Stella (1936-) “*lo que ves es lo que ves*”¹⁸⁵. Se establece así una experiencia concreta de cada obra al ser observadas en su contexto específico, ya que al no poder interpretarse la obra de la forma tradicional ninguna interpretación histórica, social o cultural podía superponerse a la forma y el espectador debía de cambiar su actitud ante la obra, recorriéndola y reflexionando la relación de ésta y de él mismo con el espacio donde se encuentra ubicada.

A partir del *cuadrado negro*, presentado por Malévich en la exposición *0.10 La Última Exposición de Pintura Futurista* en 1915, el arte iniciará un camino que se aleja de sus principales funciones. “*El arte del pasado, que (al menos en su fachada externa) se hallaba al servicio de la religión y del Estado, deberá despertar, convertido en el arte puro (no aplicado) del suprematismo*”¹⁸⁶ desvinculándolo de su función representativa de la realidad para “*construir en el tiempo y en el espacio un sistema que no dependa de ninguna belleza, de ninguna emoción, de ningún estado de espíritu estéticos*”¹⁸⁷. Se sientan así unas bases que iban a influir en muchos artistas relacionados con las manifestaciones vanguardistas de principio de siglo XX:

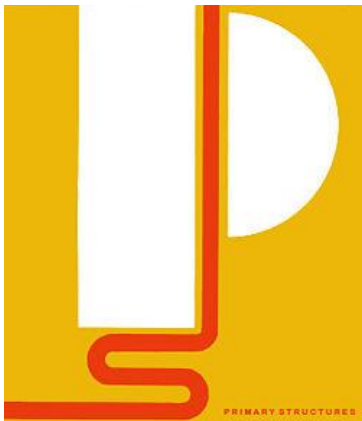
¹⁸⁴ Rose, Bárbara. Art in America. ABC Art , Octubre- Noviembre, 1965 pág.57- 69. Citado en Guasch, Anna María. *El arte del siglo XX en sus exposiciones, 1945 – 2007*. Ediciones del Serbal. Barcelona 2009. Pág. 161

¹⁸⁵ Ambas citadas por Anatxu Zabalbeascoa y Javier Rodríguez Marcos en *Minimalismos, un signo de los tiempos* MNCA Reina Sofía. Madrid 2001. Pág. 19.

¹⁸⁶ Malevich, Kasimir *El mundo no objetivo*. Editorial Doble J. Sevilla 2006. Pág. 70.

¹⁸⁷ Malévich, Kazimir. *Escritos*. Ediciones Síntesis. 2007. Madrid. Pág. 280.

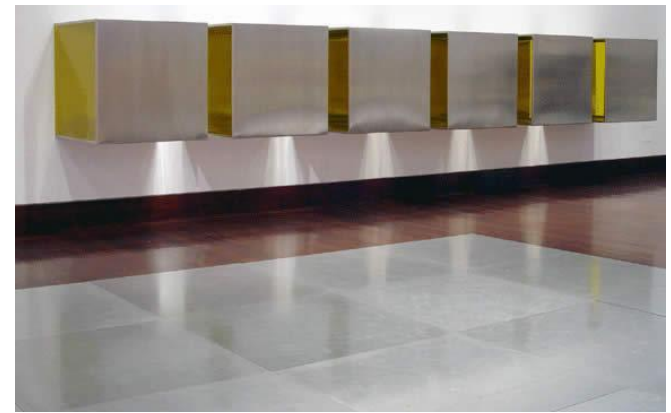
Kandinsky, Mondrian, Klee, Tatlin, El Lissitzky, Moholy-Nagy, Albers, Gabo, etc, emergiendo de nuevo a mediados de siglo con la irrupción del minimalismo y su resolución de claridad, literalidad y simplicidad en la representación de las formas geométricas. Los artistas utilizaron nuevos materiales industriales como el acero laminado en frío, los ladrillos refractarios, el cobre en láminas, el hierro galvanizado, la pintura industrial o los tubos fluorescentes para la elaboración de las piezas geométricas, que podían ser básicas o divisibles en unidades idénticas.



188. *Primary Structures*, 1966.



189. Dan Flavin, *Monumento 4*, 1964



190. Donald Judd, *Sin título*, 1966

En *Primary Structures: Younger American and British Sculptor*, una exposición realizada en 1966 en el Jewish Museum de Nueva York, se manifestó la importancia de las series, las variaciones y las combinaciones realizadas a través de las figuras geométricas elementales para dinamizar el espacio donde la pieza estaba ubicada definiendo así un nuevo orden espacial. Dan Flavin (1933 -1996) utilizó cuatro tubos fluorescentes de luz roja en una esquina de la pared convirtiendo “el espacio de la

*estancia en espacio escultórico*¹⁸⁸. Donald Judd (1928 – 1994) realizó dos piezas iguales compuestas por cuatro cajas de acero galvanizado idénticas, una pieza estaba en la pared, la otra en el suelo. Robert Smithson (1938-1973) utilizó la madera y el cristal para realizar seis piezas similares que *“colgó en la pared siguiendo un preciso orden matemático que el artista especificó en el catalogo de la muestra”*¹⁸⁹; varios artistas más exhibieron obras similares a base de repetir estructuras modulares idénticas. Muchas de las tendencias artísticas se concretaban en estas esculturas geométricas esenciales desnudas de todo lo superfluo pero con un alto grado de significación. *“La simplicidad de la forma no necesariamente equivale a la simplicidad de la experiencia. Las formas unitarias no reducen las relaciones, las ordenan”*¹⁹⁰. Esta manifestación artística es, tal y como vengo exponiendo a lo largo de esta tesis, un reflejo de su tiempo. Un tiempo en el que las ideologías y la potencia nuclear impusieron un orden bipolar con dos modelos sociales distintos: el democrático unido a una economía de mercado y el comunista con una economía planificada y controlada por el Estado. La fuerza nuclear de las principales potencias que avalaban estos modelos, Estados Unidos de América y la Unión de Repúblicas Soviéticas, servía para garantizar la paz en un denominado *“equilibrio del terror”*¹⁹¹. Una alteración de este equilibrio habría provocado una catástrofe de dimensiones apocalípticas para toda la humanidad. A su vez, estas naciones habían comenzado la exploración espacial, que se convertiría en una carrera por ver quién llegaba primero a pisar la superficie lunar, lo que llevo a la investigación de nuevos materiales y medios para su complejo desarrollo propiciando la aparición de nuevas industrias tecnológicas como la electrónica y la cibernética. En este contexto

¹⁸⁸ Guasch, Anna María. El arte del siglo XX en sus exposiciones, 1945 – 2007. Ediciones del Serbal. Barcelona 2009. Pág. 163.

¹⁸⁹ Guasch, Anna María. *Op. Cit.* Pág. 163.

¹⁹⁰ Morris, Robert en Notas Sobre la escultura citado en San Martín, F. Javier. *Últimas tendencias: las artes plásticas desde 1945. El mundo contemporáneo*. Dirigida por Juan Antonio Ramírez. Alianza Editorial. Madrid. 1997. Pág. 363.

¹⁹¹ Kinder, Hermann. *Atlas histórico mundial II* Ediciones Istmo. Colección Fundamentos. Madrid. 1994. Pág. 292.

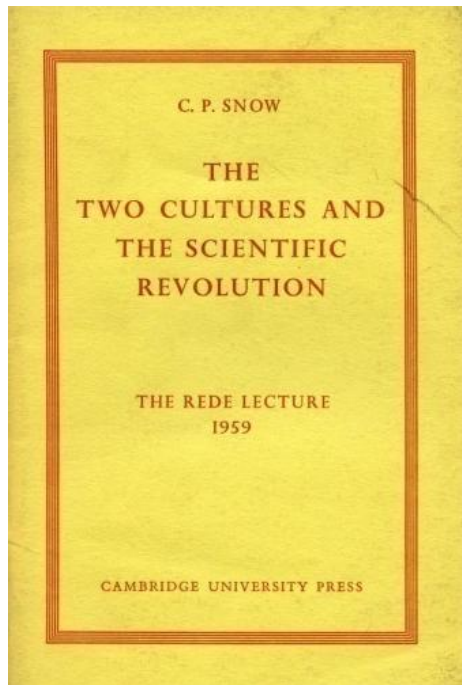
Charles Percy Snow (1905-1980) impartirá una conferencia en la Senate House de Cambridge titulada *The Two Cultures and the Scientific Revolution* donde expone la idea de la brecha que separa el pensamiento liderado por los “*intelectuales literarios*” que estaban asentados en los niveles más altos del poder y los “*científicos naturales*”¹⁹² centrados en el desarrollo de nuevas teorías y nuevas aplicaciones tecnológicas. Los intelectuales consideraban docto al cultivado en disciplinas como la literatura, la historia o el arte clásico y renacentista, excluyendo en la mayoría de los casos cualquier disciplina científica. Los científicos, en su gran mayoría, no estaban formados en materias humanistas e incluso desestimaban el arte o la literatura por su alto componente subjetivo frente a la objetividad de la ciencia. En esta disertación desarrollada por Snow a lo largo de su conferencia cabe destacar además la diferenciación que realiza entre la revolución industrial y la revolución científica. Se refiere a la revolución industrial como “*al uso gradual de máquinas, el empleo fabril de hombres y mujeres, el cambio producido en este país, en que una población compuesta principalmente por labriegos se transformó en una población dedicada sobre todo a hacer cosas en las fábricas y a distribuirlas una vez hechas*”¹⁹³.

Esta revolución se desarrollaría desde la mitad del siglo XVIII hasta el inicio del siglo XX transformando radicalmente la experiencia humana a todos los niveles. Sin embargo, la revolución científica, que comienza en el primer tercio del siglo XX a partir de propuestas tan revolucionarias en el ámbito científico como la Teoría de la Relatividad o la Teoría Cuántica, va a significar un cambio aun mayor y de proporciones desconocidas.

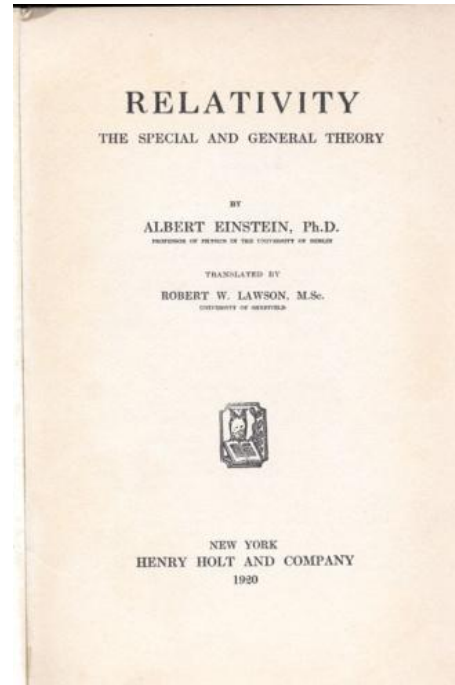
¹⁹²Collini, Stefan. En introducción a *Las Dos Culturas* C.P. Snow. Ediciones Nueva Visión. Buenos Aires. República Argentina. 2000. Pág. 6.

¹⁹³ Snow, C.P. *Las Dos Culturas*. Ediciones Nueva Visión. Buenos Aires. República Argentina 2000. Pág. 97

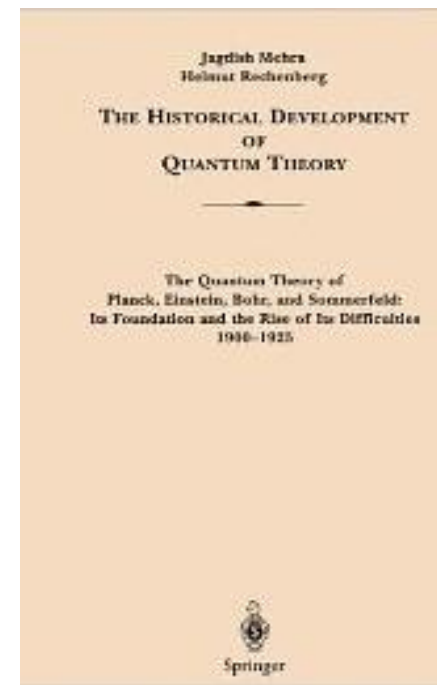
“Creo que la sociedad industrial de la electrónica, la energía atómica, la automatización, es en aspectos cardinales de un tipo diferente de todos los anteriores, y cambiará mucho más el mundo. En mi opinión, esta transformación tiene derecho a llevar el título de revolución científica”¹⁹⁴.



191. Las dos culturas. Snow 1959



192. Einstein Relatividad especial y general 1916



193. La teoría cuántica de Planck, Einstein, Bohr y Sommerfeld. 1925

El desarrollo de este giro en el campo de las ciencias a lo largo del siglo XX ha propiciado la sociedad actual, que se comenzaba a intuir en el momento que Snow expone su tesis *“desde la década de los cincuenta, el sentido de una búsqueda común, una gran tradición compartida por personas que se consideraban cultivadas empezaba a descomponerse [...] el canon*

¹⁹⁴Snow, C.P. *Op. Cit.* Pág. 98

*tradicional comenzó a desmoronarse, o a ser socavado*¹⁹⁵ dando paso a una nueva época con una nueva estética que se conocerá como posmodernismo. La modernidad de las vanguardias empezaba a ser cuestionada por una “*generación profundamente insegura y desorientada por salir al paso de la amenazadora ruina de las estructuras espirituales sobre las que se basaba el concepto que la modernidad tenía de sí misma, retrocediendo para este fin a las últimas certezas todavía defendibles, a hechos y principios objetivos, claros y racionalmente aprehensibles*”¹⁹⁶. El arte se lleva al punto donde se proyecta “*lo incierto con la constatación de lo cierto, con la constatación de la esencia del mundo objetivo, del tiempo y del espacio*”. En Europa había aparecido una década antes una corriente con unos planteamientos muy similares, el *arte concreto*, que afianzado en la estética racionalista de la Bauhaus y el constructivismo soviético desarrolla “*una forma lúdica y autónoma de no-figuración geométrica basada en principios matemáticos discernibles*”¹⁹⁷ y desarrollan un movimiento europeo análogo al minimalista americano y en el que “*la esencia y el valor intrínseco de la estructura pasan a ser su interés primordial*”¹⁹⁸.

El minimalismo se puede considerar “*tanto expresión última del formalismo como detonante de las manifestaciones antiformalistas y origen del llamado posminimalismo o minimalismo tardío que desembocó en el proceso de la desmaterialización de la obra de arte*”¹⁹⁹ ; en su desarrollo, su condición temporal y la consecución de un proceso que relacionaba la experiencia del observador de la obra en función del contexto donde se encontraba ubicada, conducirá al minimalismo hacia dos tendencias distintas: la abstracción excéntrica y el *process art* o *antiforma* que el artista Robert Morris

¹⁹⁵ Watson, Peter. Historia intelectual del siglo XX. Editorial Crítica. Barcelona .2002. Pág. 503.

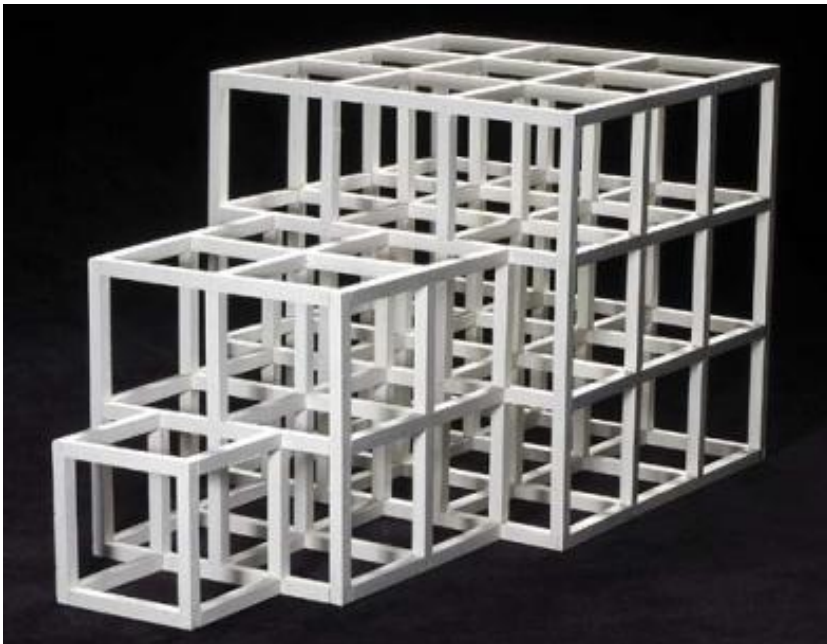
¹⁹⁶ *Op.Cit.* 1999. pág. 484.

¹⁹⁷ Bocola, Sandro. *Op. Cit.* Pág. 485.

¹⁹⁸ Bocola, Sandro .*Op cit.* Pag. 487.

¹⁹⁹ Guasch, Anna María. *El arte último del siglo XX del posminimalismo a lo multicultural*. Alianza Editorial. Madrid 2000. Pág. 28.

(1931-) establece como “*el fin del arte como representación, así como un ataque a la noción racionalista según la cual el arte es una forma de trabajo que desemboca en un producto acabado*”²⁰⁰ llevando al arte fuera de los contextos expositivos habituales y haciendo uso de nuevos materiales que en algunos casos no podían emplazarse dentro de una galería como sucede en el Land Art europeo y el Earth Art americano.



194. S. Lewit. *Maqueta para uno, dos y tres*, 1973



195. Robert Morris. *Sin título*, 1965-71

²⁰⁰ Morris, R. Notes on Sculpture, Part 4: Beyond Objects Artforum April 1969. En Guasch, Anna María. *Op Cit.* 2000 Pág. 43.



196. D. Flavin *Sin título*, 1972–73



197. D. Judd. *Sin título. Aplilado*, 1967



198. Robert Smithson. *Spiral Jetty*, 1970

4-7 ARTE CONCEPTUAL

La ruptura que desde los años cincuenta se venía produciendo en la forma de representar originó la crisis del objeto artístico tradicional desarrollándose una nueva dimensión en las producciones artísticas y ampliándose las nuevas maneras de proceder en la ejecución de las obras de arte. En muchas ocasiones desemboca este hecho en un proceso de desmaterialización de la obra trasladando la atención del objeto físico hacia una serie de componentes conceptuales. “*El arte conceptual surgió de la corriente más reflexiva del arte minimal, de aquella que privilegiaba los componentes conceptuales de la*

*obra por encima de sus procesos de ejecución/fabricación*²⁰¹. En un alejamiento progresivo de la práctica formalista argumentada por el crítico de arte Clement Greenberg (1909 -1994), vinculada a los planteamientos filosóficos de Kant y al desarrollo teórico del expresionismo abstracto americano. El arte conceptual se aproxima cada vez más a los procesos cognoscitivos de la práctica artística, basándose en modelos teóricos desarrollados en otras disciplinas como el análisis del lenguaje y la lógica matemática. Se constituye como forma de aproximarse a la realidad que fue analizada por Ludwig Wittgenstein (1889-1951) a principios del siglo XX, el estructuralismo o los estudios de semiótica de Barthes. En un contexto donde la televisión se alza como nuevo medio de comunicación de masas, debido a su demostrada eficacia en la difusión de mensajes; así como la emergente interdisciplinariedad del desarrollo artístico, el cambio en la actitud del artista posibilitará el desarrollo de esta forma de arte que reflexiona sobre su propia especificidad. *“La única tarea para los artistas de nuestro tiempo era investigar la naturaleza del mismo arte”*²⁰² declaraba Joseph Kosuth (1945). Para el desarrollo de su investigación los artistas utilizarán los nuevos medios tecnológicos que estaban fuera del ámbito artístico como el video, el magnetófono o la fotocopidora junto a medios más antiguos como el texto mecanografiado o la fotografía, que aún no había ocupado su hueco en el arte y que se convertirá en el soporte preferente de los artistas conceptuales. *“El carácter inherentemente social de la palabra y la fotografía podrían utilizarse para llevar a los públicos a pensar no sólo en nuevos significados, sino en las estructuras de los significados nuevos o antiguos”*²⁰³. El medio fotográfico se pone al servicio de las ideas y actúa posteriormente

²⁰¹ Guasch, Anna María. *Op Cit.* 2000. Pág. 168

²⁰² En Martínez Pino, Joaquín *Últimas tendencias del arte*. Editorial universitaria Ramón Areces. UNED Madrid. 2009. Pág. 54

²⁰³ Company, David. *Historia del arte conceptual o un lugar para Homes for America*. En Papel Alpha nº 7 Reaktion Books 1999. Ediciones Universidad de Salamanca. Salamanca. 2009. Pág 8.

“como catalizador para que la fotografía se aceptase como arte”²⁰⁴. Muchas de estas prácticas, al ser de carácter procesual y temporal²⁰⁵, tienen en la fotografía un medio de comunicación y difusión del proceso y la obra realizada vendiéndose posteriormente dentro del circuito artístico como obras de arte.

*“La fotografía, a la vez ontológicamente precaria y, sin embargo, indispensable, será a veces la acompañante, a menudo lo restante, pero siempre testimonio, hasta convertirse, por fin, -y será ésta una de las determinaciones esenciales de los años ochenta- en la obra misma”.*²⁰⁶

Los artistas utilizaban la fotografía en sus proyectos conceptuales de manera deliberada. *“Estos creadores premeditaban cuidadosamente las tomas que iban a realizar y los puntos de vista donde debían registrarse, bien con ayuda de algún fotógrafo experto, bien empuñando ellos mismos la cámara de fotos [...] su representación fotográfica desde un determinado punto de vista previamente calculado ayudaba a la conceptualización y presentación final del proyecto”*²⁰⁷. De esta manera la fotografía comenzó a ocupar un hueco cada vez mayor en las galerías de arte para, en un futuro próximo, convertirse en obra de arte con plena autonomía. *“El uso de la fotografía por parte de los artistas conceptuales tuvo como resultado un cambio fundamental en*

²⁰⁴ Gronert, Stefan. Fotografía alternativa: el arte conceptual y la emancipación artística de la fotografía en Europa. En *The last picture Show: Artistas que usan la fotografía*. MARCO de Vigo. Septiembre 2004. Pág 34

²⁰⁵ Bajo el nombre de Conceptual Art se suele agrupar una variada serie de corrientes que se produjeron entre los años 1965- 1975 y que basaron su práctica en el desplazamiento del objeto artístico a favor de una definición del arte a partir de conceptos. Este conjunto de tendencias puede dividirse en dos grandes bloques: el arte conceptual propiamente dicho, con proposiciones como las de Joseph Kosuth “*el arte como idea*”, Art & Language, On Kawara, Lawrence Weiner, etc; y otra serie de tendencias afines o colaterales que no son, estrictamente hablando, arte conceptual: se trata del Land Art, el Body Art, el arte de los medios, el arte de proposiciones, el Projet Art. En San Martín, F. Javier. *Últimas tendencias: las artes plásticas desde 1945. El mundo contemporáneo*. Dirigida por Juan Antonio Ramírez. Alianza Editorial. Madrid. 1997. Pág. 368.

²⁰⁶ Baqué, Dominique. *La fotografía plástica*. Traducción Cristina Zelich. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona. 2003. Pág.42.

²⁰⁷ Gómez Isla, José. *Fotografía de creación*. Editorial Nerea. Donostia 2005. Pág 24.

la historia de la imagen moderna”²⁰⁸ ampliando el concepto de medio de expresión, que en la modernidad prevalecía principalmente en los medios clásicos de las bellas artes: pintura, escultura, arquitectura “pasando a abarcar otros medios de expresión que adquirieron por primera vez la categoría de arte de prestigio”²⁰⁹.



199. J. Kosuth. *Una y tres sillas*, 1965



200. Art & Language Group



201. Yves Klein. *Salto al vacío*, 1960

Este cambio de paradigma se manifestaría de forma ejemplar en el desarrollo y posterior aceptación dentro del arte de la obra Bern Becher (1931-2007) y Hilla Becher (1934). Su origen se remonta al año 1958, cuando Hilla Wobeser comienza a impartir la asignatura de “fotografía elemental” como asignatura de nueva creación en la Kunstakademie de Düsseldorf, dedicada principalmente a impartir clases de tipografía. Hilla se había formado años antes con un fotógrafo comercial en

²⁰⁸ Gronert, Stefan. Fotografía alternativa: el arte conceptual y la emancipación artística de la fotografía en Europa. En *The last picture Show: Artistas que usan la fotografía*. MARCO de Vigo. Septiembre 2004. Pág. 33

²⁰⁹ Gronert, Stefan. *Op. Cit.*

Potsdam. Acudió a la Kunstakademie a estudiar tipografía a la vez que trabajaba para una agencia de publicidad de Düsseldorf. Allí conoció a Bernd Becher y su trabajo en colaboración comenzó en 1959. Los dos centraron su atención en la arquitectura de las antiguas industrias siderúrgicas del Siegerland que eran una expresión de la Alemania prenatal. Su trabajo tenía la intención de criticar la emergente reconstrucción que amenazaba con borrar las huellas arquitectónicas del pasado pudiendo al menos registrar éstas antes de que su deterioro fuera aún mayor o, a lo peor, fueran destruidas.

La metodología para llevar a cabo su proyecto y la propuesta estética del mismo se basan en los planteamientos de la nueva objetividad²¹⁰ alemana del período de entreguerras. Ellos supieron profundizar en ella y hacerla avanzar. El método consistía en hacer fotografías muy nítidas, en blanco y negro, de muchos ejemplos del motivo escogido que podían ser distintas edificaciones de: altos hornos, torres de refrigeración, depósitos de combustible, etcétera, todas se hacían según una misma plantilla preestablecida (vista frontal o lateral, equivalente por la fijación del plano a un alzado arquitectónico). Después los Becher ensamblaban un grupo de fotografías del mismo motivo²¹¹, formando lo que ellos llamaban una tipología. Gracias a la estricta uniformidad de la plantilla, el ensamblaje revelaba la forma funcional invariable de la que cada ejemplo era una variante

²¹⁰ La nueva objetividad en Alemania aparece en 1924 (año en que Gustav Hartlaub acuña el término), como una corriente pictórica opuesta al cubismo, la abstracción y el expresionismo. El grupo de pintores pertenecientes a este movimiento defiende el redescubrimiento y la denotación de lo objetivo intentando fijar una realidad observada atenta y minuciosamente, casi incluso sublimándola. Sus figuras más destacadas fueron George Grosz, Otto Dix, Gustav Wunderwald y Christian Sachd. En fotografía la nueva objetividad tiene un campo de acción muy favorable, se opondrá a la experimentación fotográfica de la Bauhaus que tiene figuras como Moholy-Nagy o Herbert Bayer; así como a las tendencias experimentales dadaístas y surrealistas (fotomontajes, collages, fotogramas, solarización, etc.). Fotógrafos de la nueva objetividad alemana son Albert Renger-Patzsch, Karl Blossfeldt y August Sander. Este movimiento sería una extensión de la fotografía directa (Straight Photography) americana y de sus propuestas estéticas (gran nitidez en la imagen, extensa gradación tonal, profundidad de campo, ningún tipo de manipulación...).

²¹¹ Evidentemente hacían falta muchas expediciones a distintos lugares, y durante un largo periodo de tiempo, para acumular un número suficientemente representativo de imágenes, algunas de las cuales necesitaban un andamiaje especial para poder obtener el punto de vista necesario.

única. El trabajo de los Becher era opuesto al movimiento fotográfico liderado por Otto Steinert llamado fotografía subjetiva²¹² (*Subjektive Fotografie*), que aparece en 1959, y predomina en la Alemania Occidental de posguerra. Sus intenciones eran las de estimular la creatividad personal tras la represión nazi resucitando el espíritu experimental que había aparecido con la Bauhaus antes de que los nazis la cerraran en 1933. La fotografía subjetiva eclipsó totalmente el trabajo de los Becher relegándolos al ostracismo. Sus fotografías no se verán hasta los años setenta, apareciendo en exposiciones dedicadas al arte conceptual y al arte minimalista, si bien, ellos no se consideraban artistas ya que sus fotografías se utilizaban como documentos que salvaguardaban una época que estaba desapareciendo, reivindicando su importancia histórica, su función y el componente estético de su forma. Su primer libro *Anonyme Skulpturen* muestra las fotografías como un registro documental.

*“Las ilustraciones son parte de un registro de edificios técnicos [...] nuestra cámara no produce imágenes bonitas, sino duplicados exactos que, por causa de nuestra renuncia a los efectos fotográficos, logran un resultado relativamente objetivo. La foto puede reemplazar ópticamente en cierta medida el objeto que representa. Esto adquiere un significado especial si el objeto no puede ser conservado”*²¹³.

²¹² En 1951, Otto Steinert realizó una exposición en la Werkkunstschule (Escuela de Artesanía) de Saarbrücken a la que llamó Fotografía Subjetiva y que supuso el encuentro de fotógrafos de la Bauhaus (Moholy-Nagy, Bayer, ...) con fotógrafos alemanes (Erich Angenendt, Fritz Brill, ...) y entre otros fotógrafos internacionales Doisneau, Cartier-Bresson, Gernsheim, etcétera. En 1952 apareció el libro de la exposición. A esta exposición le siguieron otras dos en 1954 y 1958; ésta última fue la confirmación de esta nueva corriente. Para más información Der Fotograf Otto Steinert, Ute Eskildsen (coord.), cat. de exp. Essen: Museum Folkwang y Göttingen. Steidel, 1999.

²¹³ En Bernhard and Hilla Becher *Anonyme Skulpturen: Eine Typologie Technischer Bauten Dusseldorf*. Art press, 1970 y Kunst-Zeitung n°2 Enero 1969. Citado por Gronert, Stefan. *Fotografía alternativa: el arte conceptual y la emancipación artística de la fotografía en Europa*. En *The last picture Show: Artistas que usan la fotografía*. MARCO de Vigo. Septiembre 2004. Pág. 35

Sin embargo, en Estados Unidos *“la obra de los Becher se contempló específicamente en el contexto del arte conceptual”*²¹⁴. En 1972, los Becher realizan su primera exposición individual de ámbito internacional en la Sonnabend Gallery de Nueva York y Carl André, el gran artista minimalista, les dedica un artículo en *Artforum* en el que Hilla Becher declara:

*“La cuestión de saber si es un trabajo con una apuesta artística o no, no nos interesa demasiado. Probablemente, este trabajo esté situado entre las categorías establecidas. A pesar de todo, las personas interesadas por el arte son aquellas que tienen un espíritu más abierto y las que más piensan en ello”*²¹⁵.

No obstante, André *“interpretaba la obra como primordialmente definida por su atención compulsiva a la repetición serial”*²¹⁶ encuadrándolos de esta manera en las corrientes minimalistas y posminimalistas. Además

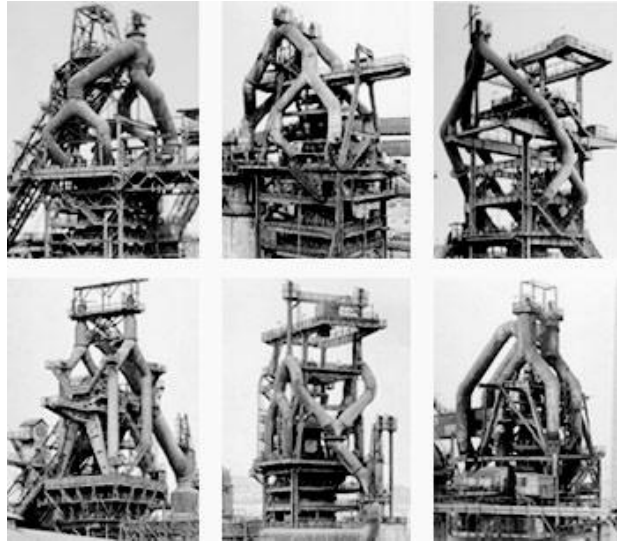
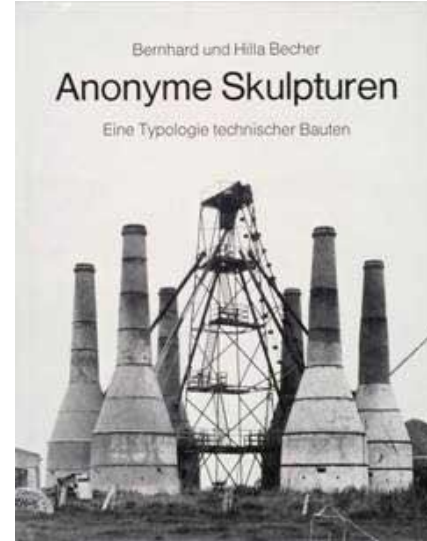
*“otra característica que insertaba a los Becher no sólo en el contexto del minimalismo sino también en el del emergente conceptualismo, fue el remplazo de las estructuras materiales por el documento fotográfico, sobre todo en los alineamientos seriales de su obra”*²¹⁷.

²¹⁴ Gronert, Stefan. *Op. Cit.*

²¹⁵ André, Carl *“A Note on Bernhard and Hilla Becher”*, *Artforum*, XI, 4 (diciembre 1977). Citado por Chevrier, Jean François en *La fotografía entre las bellas artes y los medios de comunicación*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona 2007 Pág. 300

²¹⁶ Foster, Hal, R. Krauss, Y. Boris, B. Buchloh en *Arte desde 1900*. Editorial Akal. Madrid. 2006. Pág. 523

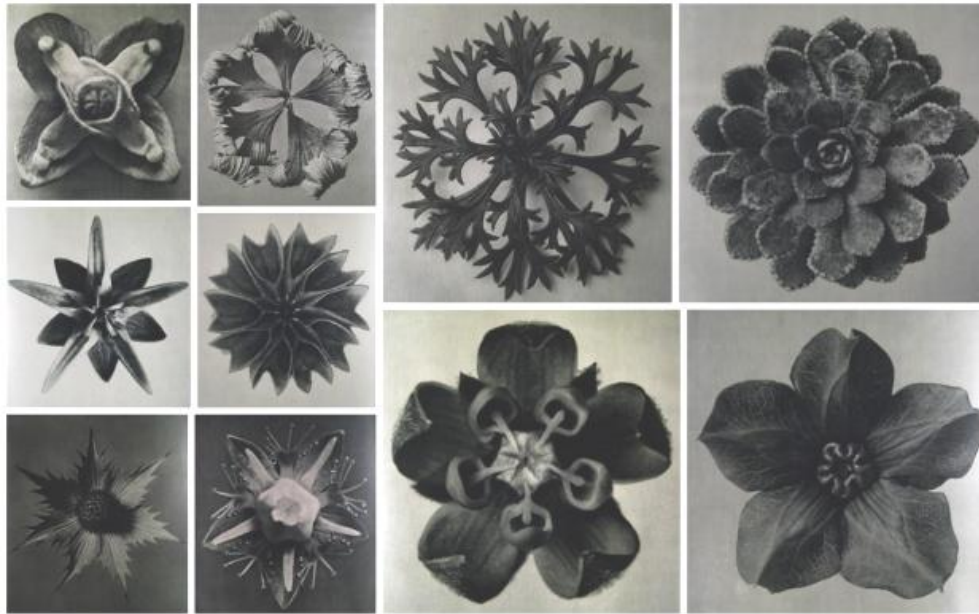
²¹⁷ Foster, Hal, R. Krauss, Y. Boris, B. Buchloh. *Op. Cit.* Pág. 523.

202. B. & H. Becher . *Tipologías. Altos hornos*, 1969-80203. B. & H. Becher, *Esculturas anonimas*, 1969

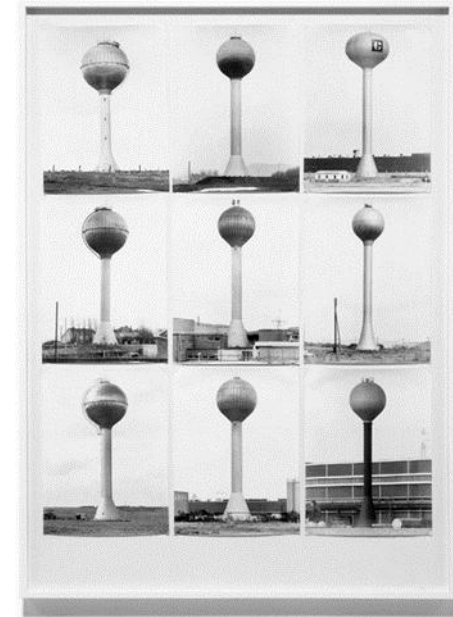
Como se puede apreciar la trayectoria de la obra de los Becher es compleja pero ilustra bastante bien el imparable avance de la fotografía en el espacio artístico actual donde, como se analizará posteriormente, la fotografía ha conseguido la categoría de obra de arte que durante su historia le había sido denegada. Las fotografías de los Becher difieren de la obra de otros artistas conceptuales que usan el medio fotográfico desatendiendo su aspecto más técnico. La calidad técnica de sus fotografías en blanco y negro roza la perfección: amplia gama tonal, gran profundidad de campo, máxima nitidez, control absoluto de la luz y de la perspectiva, creando un distanciamiento emocional con el objeto con el fin de otorgarle la máxima objetividad llegando incluso a reivindicar, como ya expuso en 1928 Le Corbusier (1887-1965) en su revista *L'Esprit Nouveau*²¹⁸,

²¹⁸ “Esta estética no sólo defendía que la obra no debía ser más que la pura articulación de la función; también implicaba una pionera crítica (psicológica) de la autoría, así como un temprano énfasis (sociopolítico) en que la producción social fuera fruto de la participación colectiva. Le Corbusier se oponía a la estética autoral de la

la participación colectiva en la producción social, al desaparecer la autoría en los diseños de una ingeniería industrial que estaban a la altura de los diseños arquitectónicos realizados por grandes nombres de la arquitectura. Las tipologías de los Becher concebidas como grupos seriales y secuenciales tienen su modelo originario en las clasificaciones de las especies naturales del siglo XIX y en la fotografía experimental propia del ámbito científico, donde Muybridge y Marey utilizaron grupos de fotografías para analizar la fisiología de los cuerpos en movimiento y otros científicos para la observación astronómica de eclipses, mapas estelares o realizar el *Atlas de fotografías solares* publicado en 1903 por Jules Janssen.



204. Karl Blossfeldt .*Fotografados*. 1929



205. B.& H. Becher. *Torres de agua*, 1962

arquitectura moderna sobre la misma base que los Becher, cuando en Esculturas Anónimas sostenían que el anonimato del diseño industrial merece ser tomado tan en serio como las demandas autoriales de individualidad.” Foster, Hal, Krauss, R. Y. Boris, Buchloh, B. Op Cit. 2006. Pág. 523.

En 1976 Bernd Becher comenzó a dar clases en la Kunstakademie de Düsseldorf. También enseñó allí el artista polivalente Joseph Beuys (1921-1986), nombrado profesor de escultura en 1961, es el gran catalizador del cambio producido en la institución al romper con su conservadurismo y desencadenar una época de gran experimentación artística. Los estudiantes más destacados de los setenta fueron Anselm Kiefer (1945-), Sigmar Polke (1941-2010) y Gerhard Richter (1932-) algunos de ellos serán protagonistas principales del arte conceptual europeo que tuvo una gran acogida institucional en Alemania Occidental durante la exposición internacional Documenta 5 celebrada en Kassel en el año 1972.

Como ocurrió en la Bauhaus el sistema de enseñanza de la Kunstakademie es la clave: un año introductorio con asignaturas generales con distintos profesores, al acabar ese año el alumno optaba entre dos posibilidades: la Kunsterziehung donde un programa formal de Historia del Arte preparaba al alumno para la carrera docente, o el Freie Kunst que era una formación para la práctica artística donde el alumno estudiaba con un único profesor. En el caso de los Becher invitaban al alumno a escoger un tema amplio, principalmente de arquitectura. El desarrollo del tema adoptaría un estilo de imagen uniforme con la intención de minimizar la intrusión del punto de vista del fotógrafo, en sentido literal y metafórico. Con este método tan riguroso, el alumno constituiría una tipología representativa de la identidad genérica del tema a través de toda la gama de sus encarnaciones particulares. De esta manera se formaron la mayoría de los fotógrafos alemanes contemporáneos: Thomas Ruff (1958-), Andreas Gursky (1955-), Candida Höfer (1944-) o Thomas Struth (1954-). Todos pasaron por el aula de los Becher interesándose, en un primer momento, por la arquitectura y la ciudad con una estética ligada a la nueva objetividad alemana citada anteriormente.

En este punto doy por concluida la primera parte de esta tesis, en la cual he realizado una revisión histórica desde el nacimiento de la fotografía, en el primer tercio del siglo XIX, hasta principios de los años setenta del siglo XX, punto de inflexión en el arte al cuestionarse las certidumbres modernistas relacionadas con la obra de arte y su proceso creativo. El objetivo de la revisión es poner de manifiesto la influencia del desarrollo científico y tecnológico en los distintos géneros y tendencias artísticos, así como destacar el cambio de paradigma que supuso en la representación de la realidad el nacimiento de la fotografía y cómo esta, elemento de intersección entre ciencia, arte y tecnología, dio lugar a un cambio de actitud en los artistas decimonónicos, rompiendo con las ideas entendidas como representación de la realidad difundidas por el neoclasicismo, el simbolismo y el romanticismo. Posteriormente, el desarrollo científico marcará la evolución del discurso artístico de las vanguardias, dando como resultado obras con marcada influencia científica y una evidente experimentación generada por las nuevas propuestas tecnológicas, eclosionando en la segunda mitad del siglo XX con unas ideas cada vez más osadas y transgresoras.

A continuación comienzo la segunda parte de la tesis con una introducción, denominada preludio, que es un preámbulo de las propuestas desarrolladas en esta segunda parte de la tesis. Este preludio propone una nueva Máquina Suprematista, híbrido conceptual entre el suprematismo y el cambio de paradigma tecnológico desarrollado a final del siglo XX en el ámbito de la industria electrónica y las

telecomunicaciones, que ha posibilitado una revolución en las ciencias de la información extendiéndose a todos los niveles y campos del conocimiento, transformándolos totalmente y abriendo nuevas posibilidades y formas de expresión en el horizonte artístico.

A continuación desarrollo el nucleo principal de la tesis proponiendo la nueva visión científica, sus sistemas, métodos de obtención y producción de las imágenes, así como los procesos de transmisión y comunicación como nuevas formas de discurso y producción dentro del arte contemporáneo. En primer lugar, a través de los cambios que se han desarrollado en el medio fotográfico debido al desarrollo tecnológico y a su aceptación en los últimos años dentro del mundo del arte; en segundo lugar, vinculando el discurso artístico a los procesos científicos y a sus consecuencias dentro del panorama artístico presente, tanto en lo relativo a las propuestas teóricas como prácticas.

Esta segunda parte esta dividida en tres grandes bloques: Microcosmos, La visión expandida y Macrocosmos, que van desde lo infinitamente pequeño a lo inconmensurablemente grande, pasando por nuestra escala..

SEGUNDA PARTE

5 PRELUDIO: WELCOME TO THE MACHINE

5-1 MICROPROCESADOR NEGRO SOBRE FONDO BLANCO

El cuadrado negro y sus formas básicas suprematistas han transmutado en componentes fundamentales de la máquina suprematista, creando, con su compleja arquitectura, un entorno multifuncional que corresponde a una nueva “cultura metálica, del movimiento incesante, de la geometría y de la severidad”²¹⁹.

La utopía tecnológica vivida por algunos de los artistas en el inicio del siglo XX e influenciada por los cambios producidos en el ámbito científico, principalmente en el campo de la física, se reflejó en la búsqueda y la elaboración de nuevas formas. “*En mis investigaciones descubrí que el suprematismo contiene la idea de una nueva máquina, es decir del nuevo motor del organismo que funciona sin vapor, ni gasolina ni ruedas [...] estará integrada y carecerá de todo tipo de junta*”²²⁰.

En su disertación visionaria Malévich propone una nueva máquina, diseñada con un nuevo concepto arquitectónico, donde “*cada cuerpo suprematista construido estará incluido en la organización natural y formará un nuevo satélite*”²²¹. Las telecomunicaciones entre ellos se realizarán a través de señales eléctricas y electromagnéticas originadas por cargas eléctricas aceleradas a distintas frecuencias; creándose un espacio isotrópico “*cuya existencia sólo es posible a partir de formas no objetivas en movimiento*”²²² y en el que nada tiene peso, tamaño, color ni masa y todo viaja a velocidades cercanas a la velocidad de la luz. Un espacio que supone una *libre navegación* de información, a la que se puede acceder gracias a los

²¹⁹ Chipp, Herschel B. *Teorías del arte contemporáneo*. Ediciones Akal 1995. Madrid. Pág. 364

²²⁰ Malévich, Kazimir. *Escritos*. Ediciones Síntesis. 2007. Madrid. Pág. 288

²²¹ *Op.cit.* Pág. 288

²²² *Op.cit.* Pág. 137

sistemas y equipos electrónicos e informáticos diseñados con una arquitectura que tiene el silicio como principal elemento constructivo y posibilita su funcionamiento de forma conjunta y coordinada. En su interior, el microprocesador es la pieza fundamental del sistema, ya que desde él se desarrollan todos los procesos y se ejecutan todas las órdenes. El microprocesador, (*“cada satélite ha sido equipado por la razón y está listo para vivir su vida personal”*²²³), es la *inteligencia* (artificial) de la máquina que ha posibilitado una revolución en las ciencias de la información extendiéndose a todos los niveles y campos del conocimiento, transformándolos totalmente y abriendo nuevas posibilidades y formas de expresión en el horizonte artístico.

El microprocesador, al igual que el *Cuadrado negro* “*sólo puede concebirse como una especie de nuevo comienzo absoluto que viene después de haber barrido o blanqueado todas las imágenes, tal como han pretendido los iconoclastas en diversas épocas y lugares*”²²⁴. Se convierte así, paradójicamente en “*el icono de mi tiempo*”²²⁵.



206. Pablo Couso. *Microprocesador Negro*, 2005

²²³ Malévich, Kazimir. *Op.cit.* Pág. 289.

²²⁷ VV.AA.. *El Arte abstracto. Los dominios de lo invisible*. Solana, Guillermo Fundación Cultural Mapfre Vida. Madrid. 2005.

²²⁵ En una carta escrita por Malévich a Alexandre Benois en 1916, *Kazimir Malévich*. Catálogo exposición Fundació Caixa Catalunya. Marzo 2006. Pág. 172.

5-2 LA REVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DE NUESTRO TIEMPO

“Nuestras Bellas Artes fueron instruidas, y fijados sus géneros y su uso, en un tiempo muy distinto del nuestro, por hombres cuyo poder de acción sobre las cosas era insignificante comparado con el que nosotros poseemos. Pero el asombroso aumento de nuestros medios, la flexibilidad y la precisión que alcanzan, las ideas y los hábitos que introducen, nos aseguran de cambios próximos y muy profundos en la antigua industria de lo Bello. Hay en todas las artes una parte física que ya no puede ser mirada ni tratada como antes, que no puede ser mantenida al margen de las empresas del conocimiento y del poder moderno. Ni la materia ni el espacio ni el tiempo son de veinte años a esta parte lo que habían siempre sido. Hay que esperar que tan grandes novedades transformen la técnica de las artes, influyendo con ello en la inventiva misma y quizá llegando hasta a modificar maravillosamente la noción misma de arte”²²⁶.

Walter Benjamin comienza su acertado ensayo *La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica* citando al poeta Paul Valery (1871-1945) y poniendo de manifiesto la importancia del desarrollo científico y tecnológico en la evolución de la sociedad, en concreto en el arte. Todo cambio en el campo de las ciencias implicará nuevos modos de acercamiento a la

²²⁶ Valery, Paul. *La conquista de la ubicuidad*. Citado por Walter Benjamin. *La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica*. En *Sobre la fotografía*. Editorial Pre-textos. Valencia 2004. Pág. 91.

realidad a través de nuevas herramientas que nos permitirán la observación de mundos invisibles para el ojo humano. A parte de la posibilidad de vivir experiencias nuevas e impensables en épocas pasadas. Cada época ha vivido cambios en el ámbito científico.

En un primer momento la ciencia estuvo vinculada a la filosofía para ir desarrollándose gracias a la investigación a lo largo de los siglos hasta el momento actual, produciendo profundas transformaciones en el arte de cada período.

En el siglo XXI ciencia y tecnología se han acercado tanto que *“prácticamente hoy no hay ciencia básica que no recurra a la utilización de un complejo aparato tecnológico (superaceleradores de partículas, telescopios como el Hubble, etc.) y, a menudo, tampoco existe nueva tecnología sin una reflexión teórica previa. Por ello algunos especialistas hablan ya de unificar los dos campos, ciencia y tecnología, y denominarlos tecnociencia.”*²²⁷

Esta vertiginosa evolución ha sido posible gracias al desarrollo de la microelectrónica, tecnología basada en la física del estado sólido, que comienza en el año 1947 con el descubrimiento del transistor por W. Shockley (1910-1989), J. Bardeen (1908-1991) y W.H. Brattain (1902- 1987) en los Bell Telephone Laboratories. El transistor es un dispositivo formado por material semiconductor que realiza dos funciones electrónicas fundamentales: la amplificación y la conmutación, así como otras más complejas derivadas de ellas. Anteriormente estas funciones eran realizadas por voluminosas y delicadas válvulas de vacío que fueron remplazadas progresivamente por los transistores ofreciendo a los equipos electrónicos mayores velocidades, más fiabilidad, menos volumen y consumos de energía más bajos. Gracias al transistor nacería una nueva generación de

²²⁷ Barceló, Miquel. *La revolución de las Infotecnologías*. En *10 impactos de la ciencia del siglo XX*. Joaquim Pla i Brunet (compilador). Fondo de cultura económica. México 2002. Pág. 241.

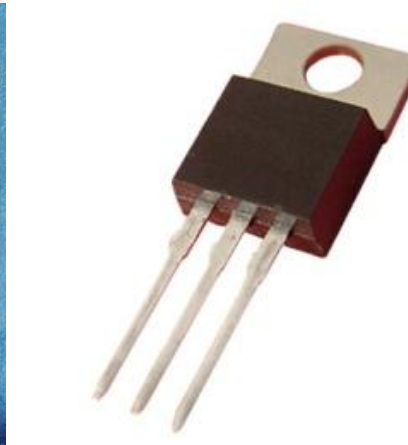
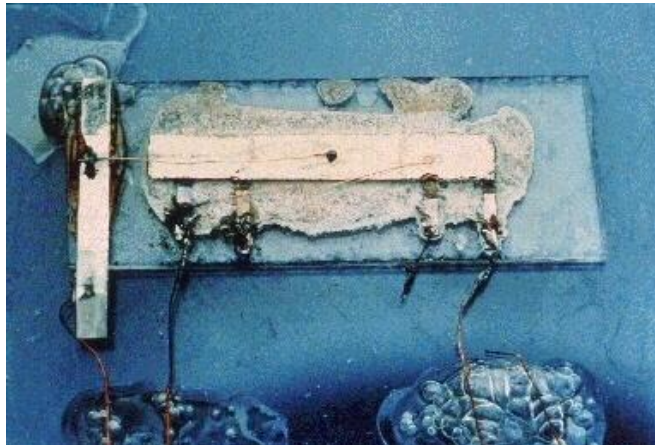
ordenadores más potentes, más pequeños, más rápidos y más fiables que sus antecesores. Posteriormente, los transistores comenzaron a fabricarse simultáneamente y en grandes cantidades gracias a una técnica denominada *planar*.

Esta técnica haría posible la fabricación del circuito integrado desde que en el año 1958 J. Killby (1923-2005) demostró la posibilidad de fabricar un circuito electrónico con todos sus elementos hechos de material semiconductor, en concreto de silicio, uniéndolos a través de un hilo metálico. Al mismo tiempo R.N. Noyce (1927 -1990) construyó el primer circuito integrado monolítico realizado por medio de la técnica *planar*. Dentro de él están integrados todos los componentes de un circuito electrónico (transistores, diodos, resistencias, condensadores, etc.) reduciéndose considerablemente el tamaño de los circuitos y el costo de fabricación. Los circuitos integrados comenzaron el desarrollo de la microelectrónica posibilitando la aparición de las memorias semiconductoras y los microprocesadores en el año 1971. El microprocesador transformó los ordenadores y se incorporó a la mayoría de los equipos electrónicos revolucionando las tecnologías de la información al poder desarrollarse ordenadores personales muy rápidos, potentes, de pequeños tamaños y accesibles a todo el mundo por su bajo coste (apéndice 10, punto 10.3.6). En la actualidad esta revolución en las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC) ha transformado la sociedad, globalizándola, revolucionando todos los campos del conocimiento y cambiando nuestra manera de ver el mundo. Los ordenadores están abriendo nuevas maneras de investigar en la astronomía, biología, química, matemáticas,... Así como también están produciendo grandes cambios en la manera de crear y comprender el arte del siglo XXI. Tal como se exponía en un principio, los cambios en las maneras de entender nuestro mundo físico a través de las ciencias tendrán un reflejo en la manera en la que el arte de una época se enfrenta a la realidad de ese período y el nuestro

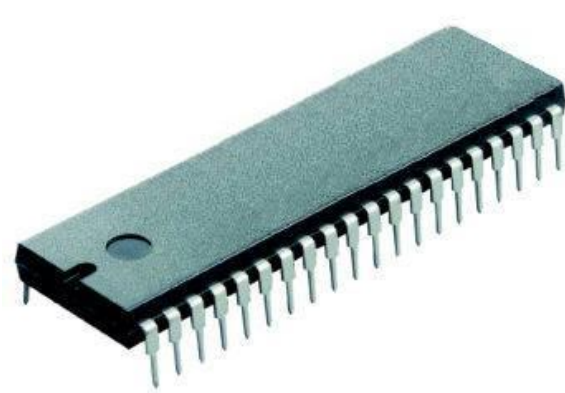
viene determinado por la irrupción de unas potentes herramientas tecnológicas que tienen el silicio como materia esencial y donde la figura del microprocesador tiene un gran protagonismo.



207. Primer transistor y circuito integrado de la historia



208. Transistor actual



209. Circuito integrado



210. Microprocesadores 487 y Core i5 de Intel

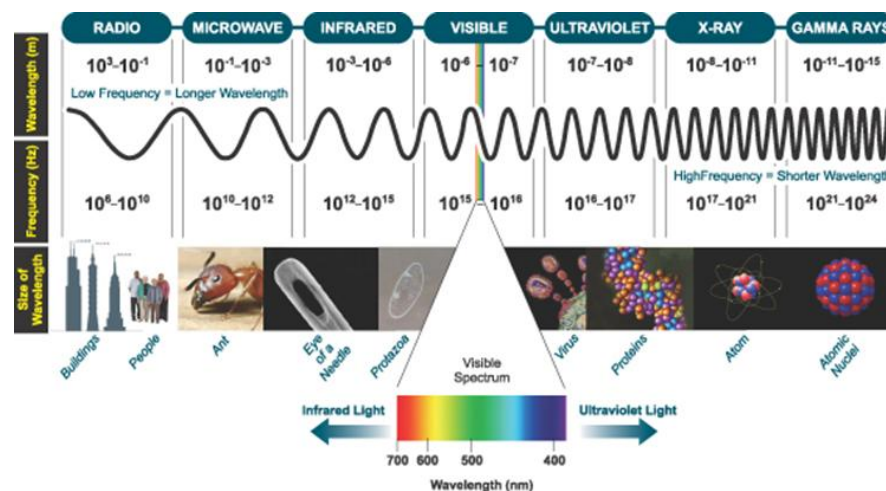


5-3 LOS CREADORES DE IMÁGENES

Esta evolución tecnológica ha hecho posible el desarrollo de equipos electrónicos y ópticos que, habilitados para obtener imágenes del mundo y del Universo muestran aspectos de la naturaleza invisibles al ojo humano, creando una iconografía sorprendente y espectacular que tiene como función principal la investigación científica.

Sin embargo, en algunas ocasiones es utilizada dentro del discurso artístico contemporáneo, como comprobamos a lo largo de esta tesis.

Telescopios, radiotelescopios y sondas espaciales capturan y envían a la Tierra impresionantes imágenes de galaxias, planetas en formación, estrellas y cuerpos celestes desconocidos y situados a millones de años luz. El telescopio espacial Hubble dispone de cuatro cámaras que observan el Universo desde el ultravioleta hasta el infrarrojo cercano. Estos creadores de imágenes tienen el privilegio de acceder a longitudes de onda (λ) invisibles que están fuera del rango visible del espectro electromagnético: infrarrojo, microondas, milimétrica, radio, ultravioleta, rayos x y rayos gamma (apéndice 10 punto 10.2.1).



211. Espectro electromagnético

Existen además sistemas de teledetección ubicados en satélites artificiales y sondas espaciales para obtener imágenes de la superficie terrestre, de la superficie de los planetas del sistema solar y de sus respectivos satélites, consiguiendo así gran cantidad de información para el estudio de la litosfera, la hidrosfera, la atmósfera y la biosfera. La ingente cantidad de imágenes creadas son utilizadas en ámbitos muy diversos como la cartografía, ordenación del territorio, geomorfología, geología, meteorología, hidrología, etc. Estas imágenes nos permiten observar el avance y retroceso de los desiertos o los hielos, el deterioro de la capa de ozono, las erupciones volcánicas, tormentas tropicales, mareas negras o fracturas en la superficie terrestre entre otros muchos fenómenos, creando una *nueva visión* del sistema solar y nuestro planeta hasta ahora desconocida. Esta *nueva visión* propuesta a principios del siglo XX por el artista y teórico de la Bauhaus Lászlo Moholy-Nagy, donde su “*búsqueda de la forma le llevó a apreciar instantáneas realizadas con propósitos científicos o utilitarios*”²²⁸, es completamente actual.

Sin embargo, debido a la gran cantidad de información generada en nuestra época y la variedad de nuevos medios utilizados para la creación artística, las fotografías científicas pasan totalmente desapercibidas para la gran mayoría de los artistas y sólo en contadas ocasiones, como advertiremos, son utilizadas por una pequeña minoría.

Lo más extraordinario, en cuando al desarrollo científico y tecnológico, está en la posibilidad de obtener imágenes de lo infinitamente pequeño con la intención de estudiar la estructura de la materia. Para ello a partir de los años cincuenta se comenzaron a construir aceleradores de partículas cada vez más potentes con la intención de descubrir nuevas partículas propuestas en diversas teorías. Partículas conocidas chocan en el interior del acelerador generando sucesos que son

²²⁸ Newhall, Beaumont. *Op Cit.* 2002. Pág. 207

registrados por una variedad de sensores que componen el detector. Estos complejos dispositivos electrónicos recogen y procesan los impulsos eléctricos generados por las insólitas partículas que se crean durante la colisión.

Una computadora interpreta las señales que salen del detector digitalizándolas y enviándolas a los monitores encargados de mostrar las imágenes de las colisiones que serán interpretadas por los científicos.

Todas estas sofisticadas y colosales máquinas son producto del enorme desarrollo tecnológico vivido desde mediados del siglo XX, inicialmente con la electrónica (transistores) y posteriormente con la microelectrónica (circuitos integrados, memorias y microprocesadores) proporcionando el soporte físico adecuado para la construcción de potentes ordenadores que han revolucionado el procesamiento y almacenamiento de la información. Su construcción viene respaldada por modelos teóricos que necesitan ser comprobados empíricamente y que abrirán nuevos horizontes en el conocimiento, aparte de las aplicaciones que tienen en diversas áreas donde la imagen producida nos revela aspectos ocultos para nosotros. *“Somos testigos de una revolución en la historia de la ciencia. Y, sin embargo, no se trata del tipo de revolución en la que una vez creyeron los filósofos de la ciencia- esta clase de revoluciones ya no suceden- , sino una ocasionada por las nuevas herramientas aparecidas, los distintos modos de ver las cosas y las inéditas (o actuales) formas de conocimiento”*²²⁹ .

Las imágenes formadas en los dispositivos ubicados dentro de las máquinas tienen como función principal analizar, estudiar e interpretar la naturaleza física de la forma más objetiva posible realizando *“una contribución gráfica y perdurable a nuestro conocimiento científico del Universo”*²³⁰ .

²²⁹ Barrow, John D. *Imágenes del Cosmos*. Editorial Paidós Ibérica S.A. Barcelona 2009. Pág. 16

²³⁰ *Op.Cit.* Pág. 15

Sin embargo, fotografías e imágenes científicas han fascinado a lo largo del tiempo a diversos artistas mostrándoles un universo nuevo que había sido inaccesible hasta la aparición de la fotografía. Ésta ejerce una gran influencia en el desarrollo de las obras artísticas. La fotografía, adoptada en un primer momento por los artistas como herramienta de análisis de la realidad acabará introduciéndose poco a poco en el mundo del arte, consiguiendo al final del siglo XX y en el primer decenio del siglo XXI incorporarse de manera incuestionable a las colecciones de los museos y las galerías de arte. La imagen científica está incorporándose lentamente en el espacio artístico de la mano de artistas y fotógrafos como Thomas Ruff, Hiroshi Sugimoto, Olafur Eliasson, Joan Fontcuberta, Darío Urzay, Vija Celmins, Daniel Canogar, David Maisel, etc. La reflexión sobre hechos científicos y la incorporación de fotografías o imágenes científicas es cada vez más habitual en las exposiciones de algunos artistas contemporáneos otorgando al conocimiento científico una categoría estética y volviendo a establecer un diálogo necesario entre el arte y la ciencia.

6 LA FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA FUERA DE SU CONTEXTO FUNCIONAL EN UN ACERCAMIENTO AL ARTE DEL SIGLO XXI.

6-1 INTRODUCCIÓN: FOTOGRAFÍA, ARTE Y CIENCIA

*“A menudo, las imágenes científicas no tratan sólo sobre ciencia; pueden ser interesantes por su origen científico y, sin embargo, poseer una innegable calidad estética, o puede incluso que hayan sido en un principio obras de arte que encierren un mensaje científico”.*²³¹

*“El sentimiento de lo bello degenera cuando le falta completamente lo noble, y entonces se le denomina frívolo”.*²³²

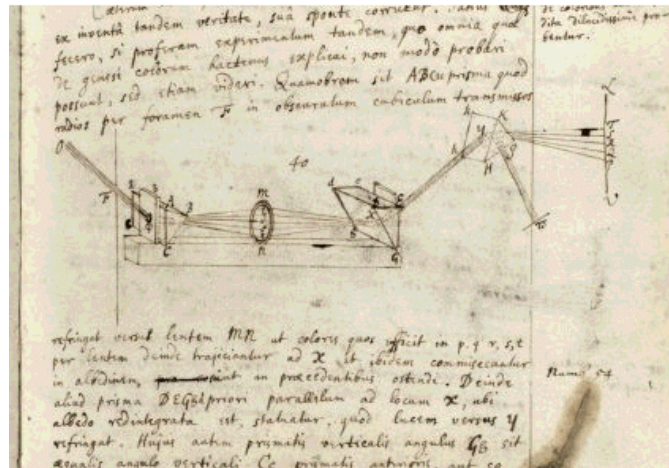
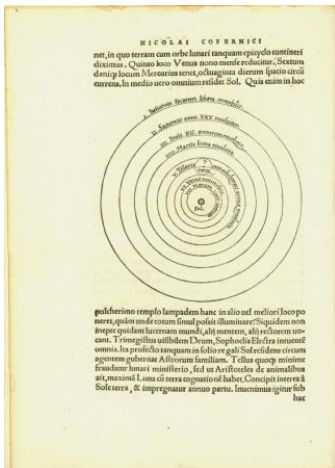
Las imágenes siempre han acompañado al pensamiento científico; bien para ilustrar un texto donde se desarrolla una idea o se describe una nueva teoría, simplificándola y esquematizándola para comprenderla y memorizarla de manera rápida y eficaz; bien para la visualización de los resultados, que en muchos casos son la demostración de experimentos científicos.

En un principio, fueron dibujos o grabados los que acompañaban los textos, como el dibujo que representaba el modelo heliocéntrico publicado por Nicolás Copérnico (1473-1543) el año de su muerte, en su gran obra *De revolutionibus orbium*

²³¹ Barrow, Jonh D. *Op. Cit.* 2009. Pág. 23.

²³² Kant, Immanuel. *Lo bello y lo sublime*. Biblioteca virtual universal .2003. Pág.6 <http://www.biblioteca.org.ar/libros/89507.pdf> [14-02-2009].

coelestium libri VI (Seis libros acerca de las revoluciones de los orbes celestes); los dibujos anatómicos, de máquinas y de mecanismos del humanista y genio renacentista Leonardo Da Vinci (1452-1519); las ilustraciones de los cuadernos de campo llevadas a cabo durante las expediciones científicas realizadas por Alexander von Humboldt (1769-1834), o los esquemas ópticos que muestran la trayectoria y descomposición de la luz en el proceso de refracción realizados por Isaac Newton (1642-1727) en su segundo gran libro *Óptica* en 1704.



212. N. Copernicus. *Orbium Coelestium*, 1543

213. Isaac Newton. *Opticks*, 1704

214. Leonardo da Vinci. Sistema irrigacion, 1505

Con la aparición de la fotografía, en el primer tercio del siglo XIX, el mundo de la ciencia y del arte se vería transformado de forma radical. En su origen, la fotografía integra el arte y la ciencia de una manera natural; siempre se había pretendido aprehender la realidad. Artistas y científicos la habían explorado durante siglos interpretándola de distintas formas; sin embargo, el daguerrotipo la mostraba de una manera objetiva, o eso era lo que en un principio se creía. “Arago brindaba el descubrimiento al mundo y vaticinaba el partido que se podría sacar de la fotografía tanto en el campo del arte como de la

*biología, de la arqueología, de la meteorología o de la astronomía*²³³. Era evidente el optimismo en su discurso de presentación del daguerrotipo, el 19 de agosto de 1839, en la Academia de Ciencias de Francia, a la cual fueron invitados los miembros de la Academia de Bellas Artes. Artistas y científicos reunidos por el mismo motivo, la fotografía, desarrollada por científicos y artistas.

Niépce era su inventor, poseedor de conocimientos de química, física, mecánica, etc, además de un apasionado litógrafo que no sabía dibujar. Eso le llevó a investigar un procedimiento que registrara las imágenes para transferirlas a la piedra litográfica. En el desarrollo de lo que sería finalmente la fotografía se asoció con el pintor Daguerre.

Fox Talbot era matemático, botánico y especialista en arte clásico, además de amigo del astrónomo Herschel, descubridor de las propiedades del hiposulfito para fijar imágenes.

Scott Archer, escultor y fotógrafo, desarrolló un nuevo procedimiento más rápido, el colodión húmedo y Maddox, que era médico aficionado a la fotografía microscópica, desarrolló la técnica que se iba a imponer durante todo el siglo XX; la placa seca compuesta de gelatina y bromuro de plata supondrá un antes y un después en la historia del medio.

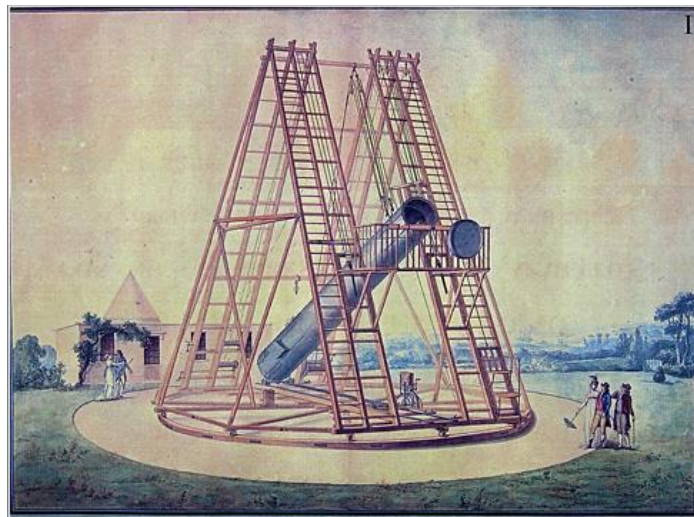
Numerosos científicos y artistas disfrutaban de unos conocimientos compartidos y una curiosidad intelectual que desembocó en la invención de la fotografía tal y como se conoció hasta finales del siglo XX.

A medida que avanzaba el siglo XIX, la fotografía comenzó a instalarse en muy diversos ámbitos, cambiando algunas prácticas y revolucionando el arte y la ciencia; las imágenes comenzaron a surgir de manera continua y en grandes cantidades

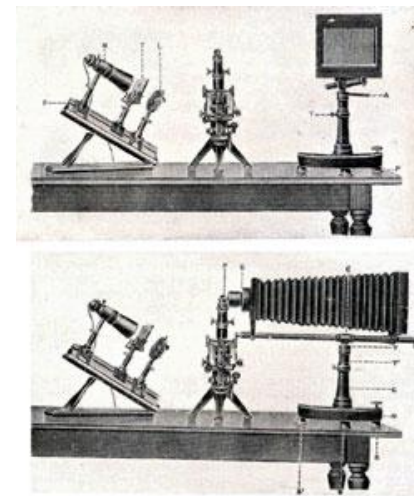
²³³ Sougez, Marie-Loup, *Historia de la fotografía*. Ediciones Cátedra. Madrid 1994. Pág 57. En él se cita una crónica detallada del proceso publicada el 14 de octubre de 1839 en el diario New York Star. Pág. 60

para la época. Muchos artistas de retratos en miniatura se pasaron al daguerrotipo; otros utilizaron la imagen como apuntes para la elaboración de sus lienzos; la cámara oscura acompañó a expedicionarios a países lejanos ayudando en la toma de datos geográficos, arquitectónicos, paisajísticos o antropológicos.

Los científicos adaptaron de inmediato las cámaras al microscopio y al telescopio con objeto de estudiar el mundo microscópico y los cuerpos celestes.



215. Dibujo Telescopio Herschel 1845

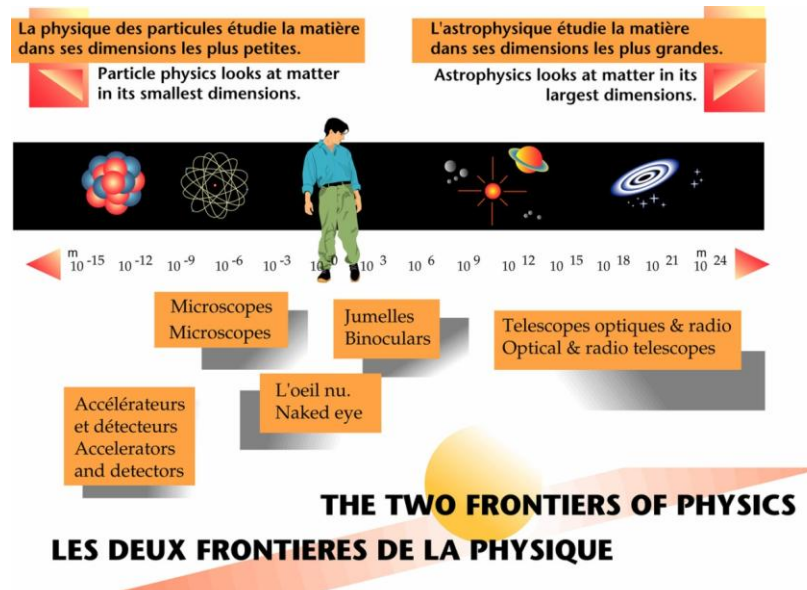


216. Acoplamiento cámara-microscopio

Desde su nacimiento y durante la mayor parte del siglo XIX, la fotografía aglutinó arte y ciencia. En las muestras internacionales convivían de forma natural las fotografías pictorialistas, de pretensiones artísticas, con fotografías científicas realizadas con microscopios o telescopios; todas formaban parte de la misma propuesta dirigida a un público general con intención de mostrar los logros y las capacidades de un nuevo medio que comenzaba a buscar su espacio y forma de

expresión, iniciando un periodo mecánico donde la máquina iba a convertirse en el símbolo de un desarrollo tecnológico ligado cada vez más al avance científico.

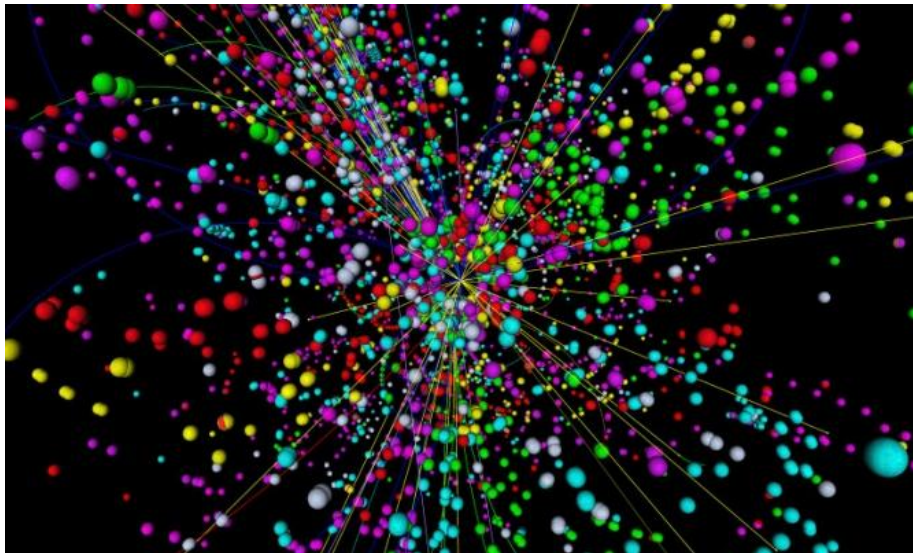
Poco a poco, la fotografía fue diversificándose en distintas esferas del conocimiento, especializándose cada vez más. Al mismo tiempo, la ciencia experimentó un cambio tan radical que supuso un alejamiento gradual de la población hacia los planteamientos científicos. Las proposiciones teóricas necesitaban disponer de un dominio elevado del lenguaje matemático para poder ser comprendidas. Además, algunas teorías se adentraban en una serie de fenómenos intangibles con respecto a la mecánica newtoniana, donde toda acción desarrollada tenía una reacción observable, que había predominado durante varios siglos.



217. Las dos fronteras de la física. CERN Ref.: CERN-DI-9808004 <http://www.htwins.net/scale2/lang.html> [19-10-2012]

Los científicos se habían adentrado en un mundo de fenómenos invisibles, cada vez más imperceptibles y complejos, llegando a un nuevo paradigma al inicio del siglo XX con las teorías relativistas de Einstein y la aparición de la Teoría Cuántica a partir de la tesis de Planck, en la cual la emisión de energía aparece de manera discontinua. Los físicos, tomando como punto de partida las teorías clásicas, desarrollaron nuevas teorías sobre el espacio, el tiempo, la materia y la energía, iniciándose dos nuevos caminos, uno hacia el macrocosmos y otro hacia el microcosmos. Parte todo ello de nuestro mundo, en el cual:

“estamos a mitad de camino entre la inmensidad del espacio intergaláctico y el microcosmos subatómico de partículas elementales dentro de los átomos de nuestros cuerpos”²³⁴.



218. Simulación en CMS. Foto: Ianna Osborne. CERN



219. Globulo estelar de Hercules ESA/NASA

²³⁴ Barrow, John D. *El universo como obra de arte*. Editorial Crítica. Barcelona. 2007 Pág. 94.

Para poder observar y analizar los resultados teóricos revelados por los físicos, que demuestran y exponen datos acerca de la composición y estructura de estos nuevos universos, los científicos utilizarán la fotografía como medio de apoyo fundamental en la experimentación y observación de resultados experimentales. En un primer momento lo harán adaptando la cámara fotográfica al microscopio y al telescopio. Posteriormente, a lo largo del siglo XX, empleando cámaras y dispositivos cada vez más sofisticados y complejos para adentrarse en las profundidades del cosmos y de la materia, descubriéndonos un universo impresionante donde, además de aportar los datos que demuestran la certeza de los descubrimientos obtenidos por los físicos teóricos, encontramos unas imágenes de una belleza sorprendente y en consonancia con una nueva visión o *visión expandida*²³⁵ de una época en la que el desarrollo científico y tecnológico ha transformado la sociedad, globalizándola, conectado en una misma red todo el planeta. A la vez, desde él podemos conectarnos con estaciones, satélites y sondas espaciales para observar nuevos mundos, inalcanzables hace apenas unos decenios. Nuestro mundo se ha prolongado visualmente hacia otros planetas y satélites del Sistema Solar descubriendo su composición, su geología y sus paisajes en una visión cenital similar a la mostrada en 1856 por Nadar desde su globo aerostático o por Malévich, en su libro *El mundo no*

²³⁵ El diseñador, arquitecto y fotógrafo austriaco Herbert Bayer (1900-1985) utiliza por primera vez el término Visión expandida en 1930, en el diseño de una de las salas del pabellón del Deutscher Werkbund en la Exposition de la société des artistes décorateurs de París. La visión expandida hace alusión a “*visión dinámica y no lineal cuya traducción a la práctica expositiva establecía una relación entre el campo visual humano y el uso de paneles fotográficos o tipográficos a diversas alturas, con el fin de promover el tipo de experiencia de inmersión perceptiva total*”. “Conocedor del trabajo de Lissitzky, en la exposición de París empezó a utilizar paneles fotográficos distribuidos de forma dinámica en diferentes planos y niveles según su esquema del campo visual de 360 grados, rompiendo la rigidez de la presentación tradicional a una sola altura, supuestamente la altura de la mirada. Bayer también empezó a utilizar rampas en sus exposiciones con el objetivo de multiplicar los puntos de vista del conjunto de los elementos y proporcionar una visión desde arriba que abarcara la totalidad.” En *Espacios Fotográficos Públicos. Exposiciones de Propaganda, de Prensa a The Family of Man*, 1928-1955. http://macba.cat/PDFs/guia_arxiu_cas.pdf. pp 27-28. La idea de expansión se desarrolló posteriormente a todas las artes y los medios y “*aunque no mantengan una relación directa, hay ciertas connotaciones que nos llevan al planteamiento de La escultura en campo expandido, introducido por Rosalind Krauss: “la escultura que sale a las calles, dialoga con el paisaje y con los otros medios, cumpliendo una misión pública*”. KRAUSS, R., “La escultura en el campo expandido” en *La originalidad de la vanguardia y otros mitos modernos*, Alianza, 1996. En María Dolores Piqueras Marín *Instalaciones Interactivas de Configuración Fílmica (IICF)*. Marco conceptual y ensayo experimental. UPV. Valencia 2007. Pág 37.

objetivo, donde fotografías áreas cenitales eran “*el entorno de inspiración (la realidad) del suprematista*”²³⁶; y por Moholy-Nagy, desde la torre de la radio de Berlín.

En nuestra época, tenemos acceso a una *visión expandida*, acorde con una nueva era en el inicio de un nuevo milenio, que nos descubre nuevos mundos inexplorados y que posee un componente plástico y estético significativo, además de contener un discurso conceptual inherente al proceso de formación de la imagen y una vinculación evidente con los procesos experimentales llevados a cabo por los artistas de las vanguardias.

A continuación se analizarán las fotografías e imágenes científicas de estos tres conjuntos:

- **El microcosmos** donde las cámaras de niebla, de burbujas y los detectores ubicados en los modernos aceleradores de partículas nos muestran el interior de la materia y los procesos e interacciones ocurridos a escala atómica.
- **La visión expandida** proporcionada por los satélites artificiales que giran alrededor de la Tierra y por las sondas viajeras, que constantemente nos envían información sobre los planetas y sus satélites pertenecientes a nuestro Sistema Solar.
- **El macrocosmos** explorado por soberbios telescopios en diferentes longitudes de onda y ubicados en la superficie terrestre o en órbita cerca de la Tierra, obteniendo imágenes extraordinarias que muestran un universo profundo y distante.

²³⁶ Malévich, Kasimir. *El mundo no objetivo*. Editorial Doble J. Sevilla 2006. Pág. 19.

Destaca la valiosa información generada por estos sofisticados dispositivos para la comprensión del mundo, así como la importancia que estas imágenes pueden tener fuera de su contexto funcional como fuente de inspiración en artistas plásticos de finales del siglo XX e inicio del XXI, enfatizando principalmente sus cualidades estéticas y plásticas en un discurso conceptual donde lo representado y el proceso de formación de la imagen tiene como resultado una aproximación a lo que en el panorama actual artístico entendemos hoy como una obra de arte.

6-2 MICROCOSMOS. ELECTRONES, NEUTRINOS, QUARKS,... PARTÍCULAS

6-2-1 FOTOGRAFÍAS DE LO INVISIBLE

Para explorar el mundo microscópico, la fotografía se acopló al microscopio dando lugar a la fotomicrografía.

Antes de la aparición de la fotografía, las observaciones realizadas a través del microscopio se dibujaban por medio de una cámara lucida acoplada a él, dando lugar a representaciones científicas directas de los pequeños organismos observados en la naturaleza, que servían para ilustrar libros y enciclopedias.

Nada más aparecer el daguerrotipo y el calotipo, la cámara oscura comenzó a revelar un mundo diminuto, al ser acoplada al microscopio solar. Fox Talbot presenta en agosto 1839 una exposición de nombre *Photogenic Drawings (Dibujos Fotogénicos)* en la *Birmingham British Association for the Advancement of Science* en la que exponía un tipo de imágenes obtenidas con un microscopio solar que había realizado en 1835²³⁷. A estas le seguirán muestras de tallos, plantas, alas de insectos, fósiles o fotomicrografías obtenidas de sus estudios de luz transmitida a través de cristales.

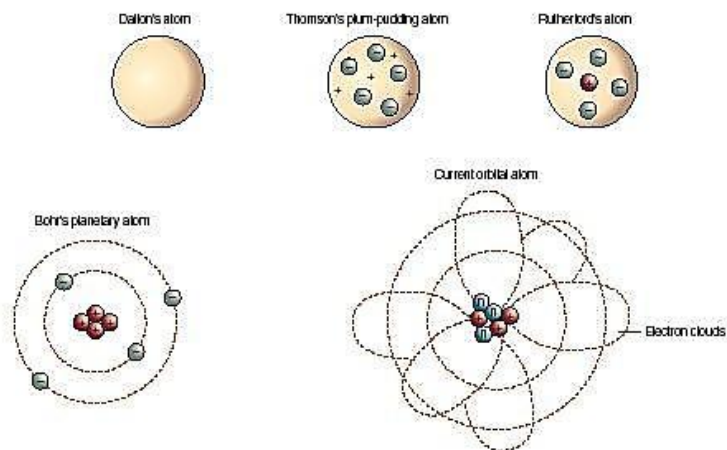
²³⁷ Roberts, Russell. *Huellas de luz. El arte de los experimentos de W. H. F. Talbot* –Catálogo exposición. *Huellas de luz*. M.N.C.A.R.S. Madrid .2001. Pág. 117.

La evolución en los procesos fotográficos, en las lentes y cámaras, en los microscopios y en los equipos de iluminación, teniendo en cuenta que a medida que se perfeccionaban las técnicas se conseguían diferentes longitudes de onda acordes a los organismos, objetos o sustancias observadas, posibilitó que las aplicaciones de la fotomicrografía fueran cada vez mayores. La luminosidad de los objetivos comenzó a limitar la resolución de las imágenes microscópicas. Para resolver esta cuestión se comenzó a iluminar con diferentes tipos de longitud de onda, acercándose al azul y al violeta, para seguidamente, saliendo del espectro visible, iluminar con la radiación ultravioleta mediante descargas eléctricas de alta tensión. Para poder observar lo más diminuto de la materia la longitud de onda de la luz con la que iluminemos la muestra debe ser siempre menor que el tamaño del objeto que deseamos observar.

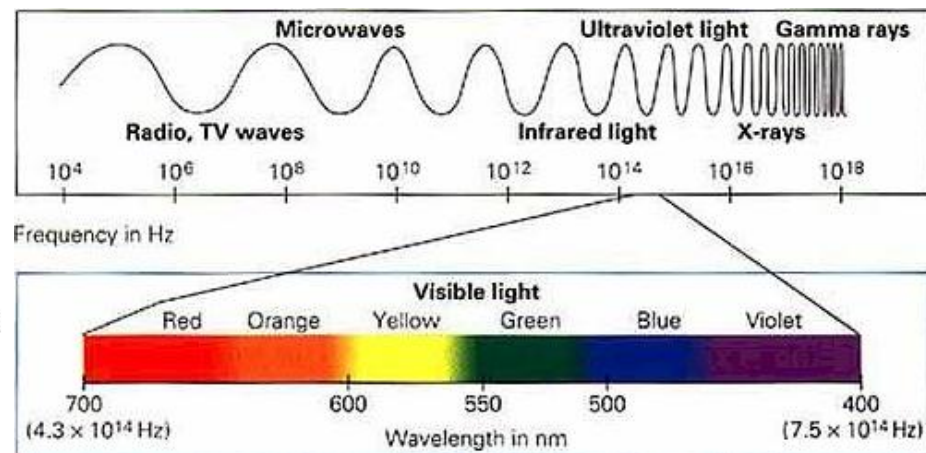
El descubrimiento de los rayos x por Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) reveló un mundo hasta entonces invisible, al permitir observar el interior de los cuerpos y objetos, apareciendo un nuevo tipo de fotografía y una nueva forma de radiación con la que se podía iluminar los objetos, visualizando su estructura interna por medio de una placa fotográfica. Este descubrimiento causó un gran impacto en la sociedad influyendo, como se destacó en el apartado anterior, en muchos artistas de principios del siglo XX y revolucionando todos los campos de la ciencia. La difracción de los rayos x, al ser proyectados sobre moléculas de cristales, demostró una vez más el comportamiento ondulatorio de la luz, al producirse fenómenos de interferencia, y comprobó que la longitud de onda de esta radiación es tan pequeña que hace que estos rayos actúen como partículas.

La radiactividad, descubierta por Henry Becquerel (1852-1908) de manera fortuita gracias a la fotografía, puso de manifiesto otros tipos de radiación más energética y penetrante los rayos α , los rayos β y los rayos γ . Además se comprobó que el átomo ya no era la partícula más pequeña e indivisible (apéndice 10 punto 10.2.3).

En 1911, Ernest Rutherford (1871-1937) determinó que el átomo no era algo compacto e impenetrable; estaba compuesto por un pequeño núcleo con carga positiva y gran parte de la masa, además de una nube de electrones alrededor con carga negativa y poca masa (apéndice 10 punto 10.3.3).



220. La evolución de la teoría atómica. The Gale Group



221. El espectro electromagnético y las ondas de luz

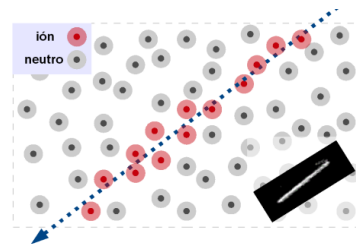
6-2-2 PARTÍCULAS EN LA NIEBLA

A partir de este momento, gracias a la cámara de niebla ideada por C. R. T. Wilson (1869-1959), se comenzaron a descubrir partículas subatómicas. En 1911, *"Wilson aprovechó el hecho de que, cuando un átomo neutro pierde uno de sus electrones y se convierte en un ión cargado, entonces las gotitas de vapor de agua se condensan a su alrededor si está situada*

en una atmósfera saturada con vapor de agua que, de repente, se expande”²³⁸. Encerrando en una cámara vapor sobresaturado o cualquier gas y al hacer pasar una partícula, pequeñas gotas de agua (niebla) se condensan a lo largo de su trayectoria, marcado el recorrido de la partícula y revelando datos acerca de su naturaleza. Estas trazas son fotografiadas con la ayuda de flashes, debido a su gran velocidad, para su posterior análisis; la aplicación de un campo magnético revelará la carga de la partícula, la curvatura de su traza, su masa y su energía.

La cámara de niebla dio a conocer la primera antipartícula en los rayos cósmicos: el positrón, y Wilson fue galardonado con el Premio Nobel de Física en 1927, por “*el descubrimiento de un método de interpretación perceptible de las trayectorias de las partículas cargadas eléctricamente*”²³⁹.

A la cámara de niebla le sucederá la cámara de burbujas propuesta por el físico y neurobiólogo Donald Arthur Glaser (1926-) en 1952. Los principios básicos de funcionamiento y sus aplicaciones son similares a los de la cámara de Wilson; sin embargo, en su interior, en lugar de vapor saturado se utiliza un fluido transparente sobrecalentado, generalmente hidrogeno líquido. Al atravesar la partícula el fluido éste hervirá, generándose una línea de burbujas a lo largo de la trayectoria de la partícula que será capturada por una cámara fotográfica situada en la parte superior de la cámara de burbujas.



222. Actividad dentro de una cámara

²³⁸ Barrow, John D. Op Cit. 2009. Pág 423

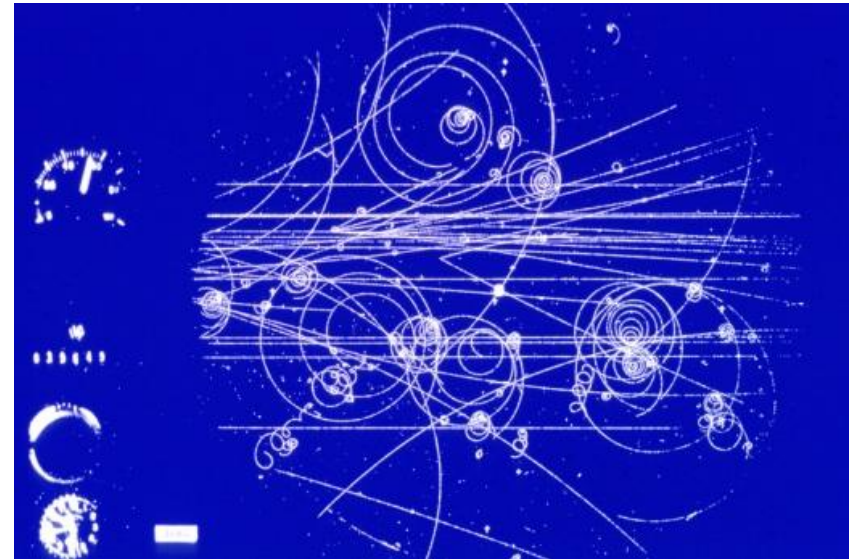
²³⁹ Ibidem. Pág. 423



223. Cámara de niebla de Wilson.

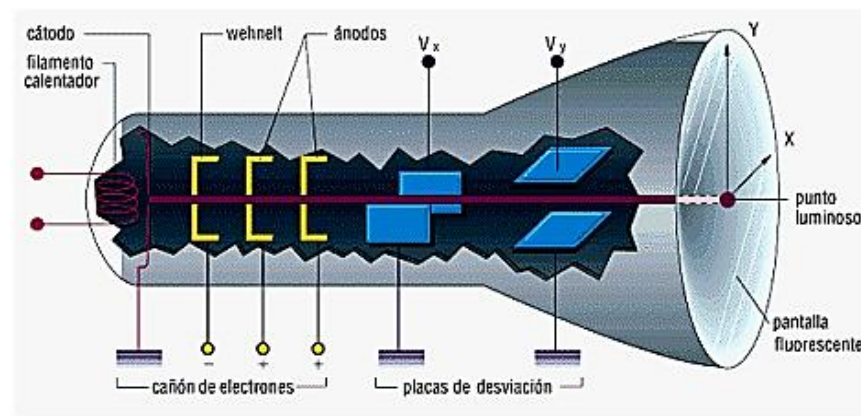


224. Cámara de burbujas



225. Decadencia de una partícula lambda en la cámara de burbujas de hidrógeno. CERN

El estudio de las trayectorias de las partículas en este tipo de cámaras se volvió cada vez más riguroso, desarrollando cámaras cada vez más grandes y aplicando un campo magnético de mayor intensidad, de la misma manera que hizo Thomson en el tubo de rayos catódicos, que provocará trayectorias espirales en las partículas con carga eléctrica.



226. Esquema de Tubos de rayos catódicos TRC

6-2-3 SET THE CONTROLS FOR THE HEART OF THE SUN²⁴⁰. PARTÍCULAS ACELERADAS COLISIONANDO

Las necesidades en la percepción de las partículas llevaron al desarrollo de otros sistemas de detección en los que las trayectorias se reconstruían electrónicamente: contadores muy parecidos a los Geiger, cámaras de chispas, fototubos y contadores Cherenkov entre otros sistemas de detección, hasta llegar al panorama actual, donde a la vanguardia de la física experimental²⁴¹ está el LHC *Large Hadron Collider* (Gran Colisionador de Hadrones), un gigantesco acelerador de partículas en forma de anillo de 27 km de circunferencia enterrado a 100 metros de profundidad entre Suiza y Francia, perteneciente al CERN (The European Organization for Nuclear Research).

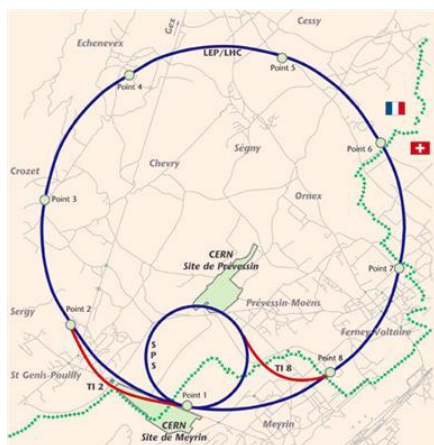
El Laboratorio Europeo de Física de Partículas está integrado por veinte países europeos y otros como EEUU, Rusia, India, Canadá y Japón. Entre sus objetivos principales está la verificación del modelo estándar; la búsqueda del escurridizo bosón de Higgs especificando sus propiedades²⁴²; buscar dimensiones ocultas del espacio-tiempo; la supersimetría y la creación de un Universo primitivo donde un plasma de quarks y gluones a altísimas temperaturas forman una especie de sopa

²⁴⁰ *Set the Controls for the Heart of the Sun*. Roger Waters. Pink Floyd. A Saucerful of Secrets. Discográfica. Columbia .Capítol .Reino Unido 1968.

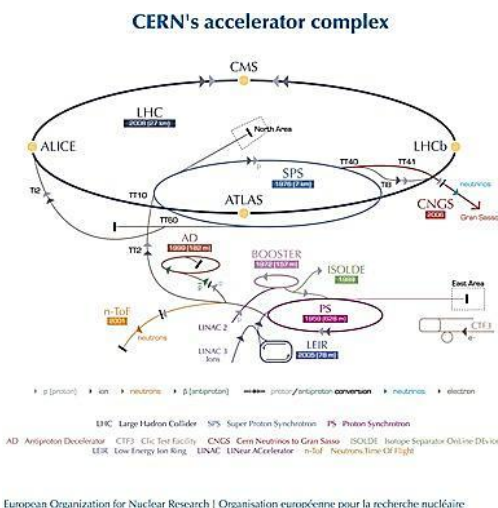
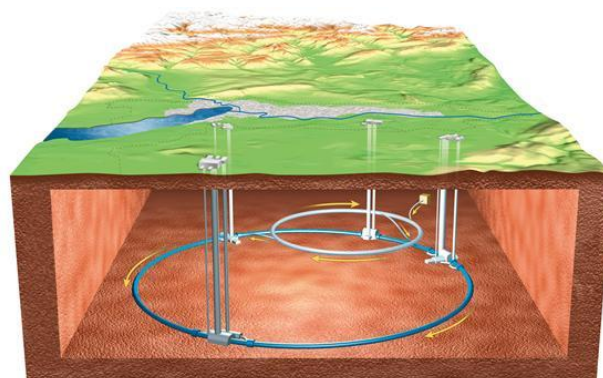
²⁴¹ Los primeros aceleradores de partículas que se construyeron fueron los de Cockroft y Walton en Cambridge y el Van der Graaff en el MIT (Massachusetts Institute Technology) en 1933. Estos eran desarrollos del tubo de rayos catódicos donde por medio de campos eléctricos estáticos se podían acelerar partículas eléctricas cargadas. Estos estaban limitados por la creación de campos eléctricos desarrollándose a mitad de siglo XX un nuevo modelo de acelerador, el denominado ciclotrón o sincrotrón donde las partículas son obligadas a seguir una trayectoria circular por medio de campos magnéticos siendo impulsadas a su vez por campos eléctricos. Al ser circular y pasar varias veces por los puntos donde está el campo eléctrico reciben cada vez más energía. La siguiente generación de aceleradores cuya energía es mucho mayor, serán los denominados colisionadores, como el aquí analizado LHC. Información extraída de Electrones, neutrinos y quarks. *La física de partículas del siglo XX*. Ynduráin, Francisco J. Drakontos. Editorial Crítica. Barcelona 2006. Págs 30-35.

²⁴² “El pasado 4 de julio, en el auditorio del CERN, se respiraba el ambiente de los grandes días : la organización había convocado para aquella mañana un seminario en el que se harían públicos los últimos resultados relativos a la búsqueda del bosón de Higgs en el Gran Colisionador de Hadrones (LHC). Tanta era la expectación que, para no perderse el acontecimiento, algunos de los asistentes habían pasado la noche frente a la sala de conferencias. Poco después, los portavoces de las colaboraciones CMS y ATLAS, Joe Incandela y Fabiola Gianotti, anunciaban que sus respectivos experimentos habían descubierto una nueva partícula subatómica”. Bosman, Martine; Rodrigo Teresa. *La búsqueda del bosón de Higgs*. Investigación y Ciencia septiembre 2012. Nº 432. Pág. 16.

semejante a la que inundaba el Universo una millonésima de segundo después del Big-Bang. Para ello se aceleran protones contenidos en paquetes donde hay unos 100.000 hasta alcanzar unas velocidades cercanas a la luz y una energía del orden de TeV^{243} . La aceleración se consigue gracias a los casi 10.000 imanes superconductores que crean campos electromagnéticos y dirigen los haces de protones, sin que abandonen el conducto en las curvas, focalizándolos en un haz del tamaño de un cabello humano en el momento de la colisión. Se producirán escasamente veinte colisiones protón-protón por cada paquete de 100.000 millones de protones, pero como hay unos 3.000 paquetes viajando en cada dirección y dando 11.000 vueltas por segundo se producirán 600 millones de colisiones por segundo.



227-228 Ubicación en CERN del acelerador LHC. CERN 0108001 y CERN 0609031

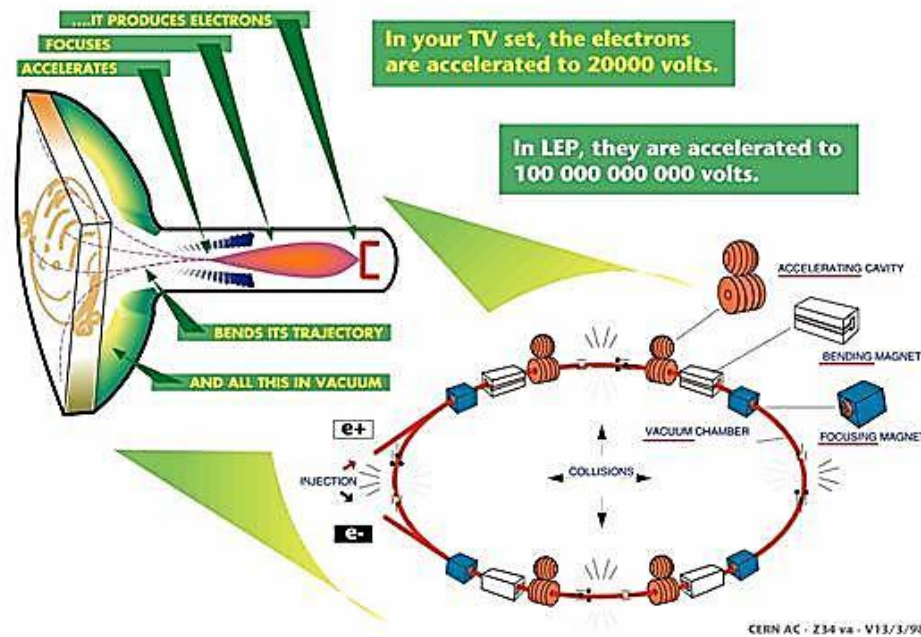


229. Acelerador completo CERN

²⁴³ El electrón-voltio eV es una unidad de energía utilizada principalmente a escala atómica o subatómica. Es la energía cinética adquirida por un corpúsculo cuya carga eléctrica es igual a la de un electrón sometido a una diferencia de potencial de 1 voltio. $1 \text{ eV} = 1,60219 \times 10^{-19}$ Julios.

En física de altas energías el electronvoltio resulta una unidad muy pequeña, por lo que son de uso frecuente múltiplos como el megaelectronvoltio MeV o el gigaelectronvoltio GeV. En la actualidad, con los más potentes aceleradores se han alcanzado energías del orden del teraelectronvoltio TeV. Lévy, Eli. *Diccionario Akal de física*. Ediciones Akal. Madrid. 1992. Pág. 273.

DID YOU KNOW YOUR TELEVISION SET IS AN ACCELERATOR ?



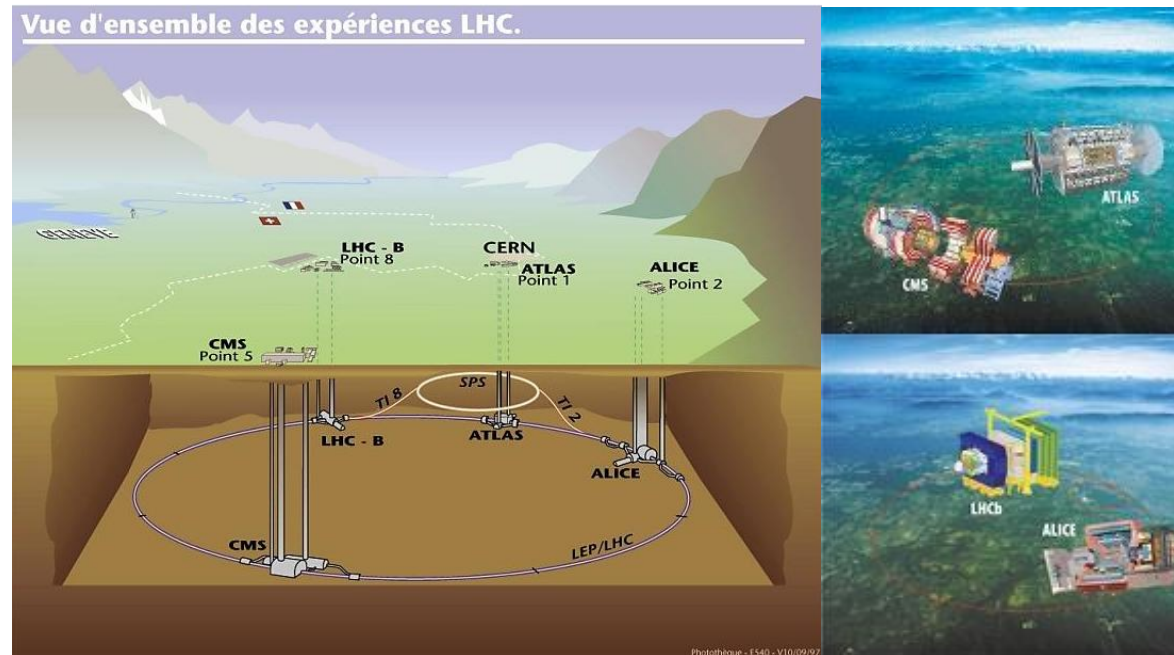
230. Comparativa de un acelerador de partículas y un tubo de rayos catódicos de TV. LEP.CERN

6-2-4 *ECHOES*²⁴⁴. DETECTORES DE PARTÍCULAS.

Estas colisiones tendrán lugar en cuatro puntos distintos donde están ubicados los modernos y gigantescos detectores de partículas: el CMS (Solenoid Compacto de Muones) es uno de los encargados de la búsqueda del bosón de Higgs, así como de nuevas partículas y nuevos fenómenos. El LHC- b es un buscador de quarks y antiquarks con sabor *belleza* (apéndice 10 punto 10.3.5 y tabla 1-2). Partículas fuentes de interacción, tabla de los quarks) con el fin de esclarecer la ausencia de antimateria en el Universo. El ATLAS es un detector de objetivo general diseñado para detectar partículas clave como son los

²⁴⁴ *Echoes*. Composición: Roger Waters, Richard Wright, Nick Mason, David Gilmour. *Meddle*. Pink Floyd. Estudios AIR, Abbey Road, y Morgan, London. Discográfica Harvest, EMI. Reino Unido. 1971.

muones y también el inaprensible bosón de Higgs, y ALICE estudia las colisiones entre iones de plomo, núcleos pesados que producen temperaturas extremas formando un plasma de quarks y gluones similar al del Universo primigenio.²⁴⁵

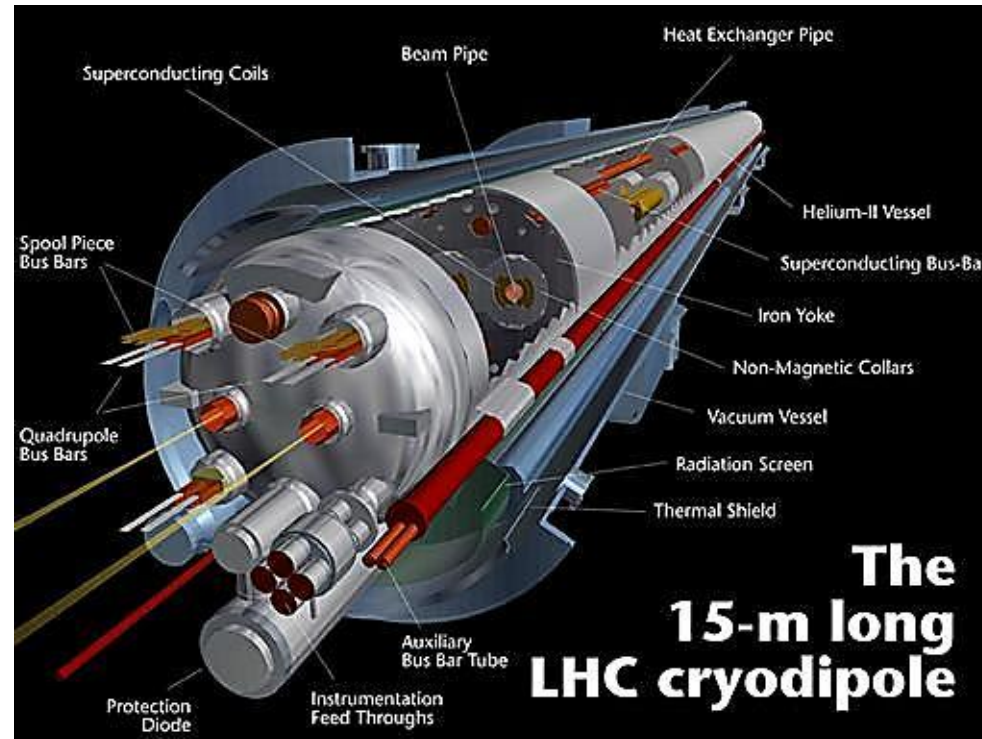


231. Ubicación detectores de partículas ATLAS, CMS, LHC-b y ALICE en acelerador de partículas LHC. CERN

Los cuatro detectores están integrados por varios detectores internos, colocados como si se trataran de capas, cada uno de ellos especializado en una tarea. La primera capa, que es la más cercana a la colisión, es una *cámara de deriva* especializada en detectar las partículas con carga. Las siguientes capas son los *calorímetros*, que se encargan de detener algunos tipos de partículas para medir su energía; hay varios calorímetros, destacando el *calorímetro electromagnético*, que

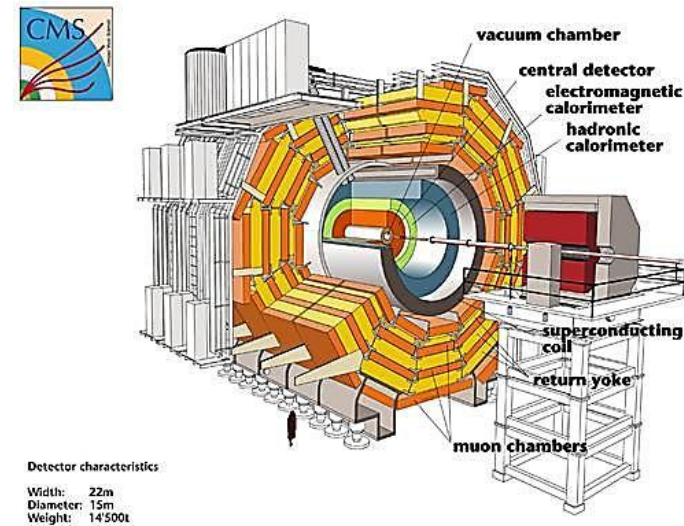
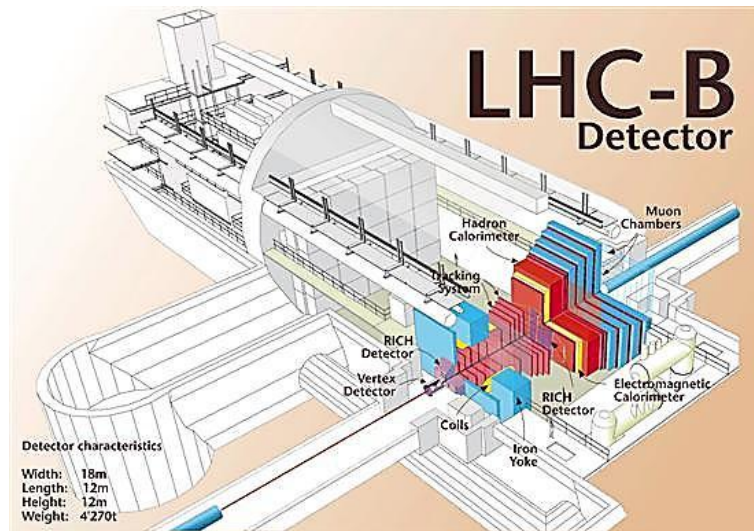
²⁴⁵ Esta información fue obtenida en los siguientes artículos. *El gran Colisionador de Hadrones*, de Graham P. Collins. *Revolución en la física de partículas* de Chris Quigg, ambos en Investigación y Ciencia. Abril 2008.

absorbe electrones, positrones y fotones, y el *calorímetro hadrónico*, que detiene Hadrones (protones, neutrones, piones, etc.). En la capa más externa están los *detectores de muones* que han atravesado sin dificultad las capas anteriores. Estas capas forman los monumentales detectores ubicados en los aceleradores; en este caso concreto se ha hecho referencia a los situados en los puntos de colisión del LHC, hallándose en el interior de un enorme campo magnético que establece las trayectorias de las partículas con carga, que en función de su velocidad y su masa se desplazaran con distintos radios de giro, identificado de esta forma el tipo de partícula y su energía²⁴⁶ (apéndice 10 punto 10.3.5 y tablas 1-1, 1-2, 1-3 y 2-1).

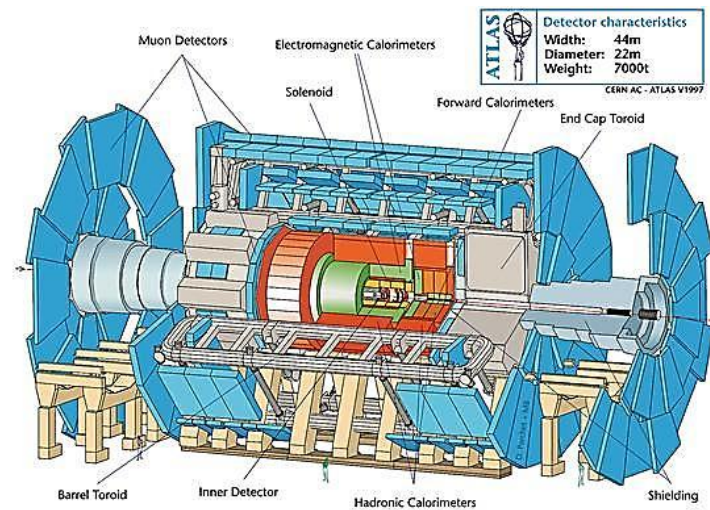
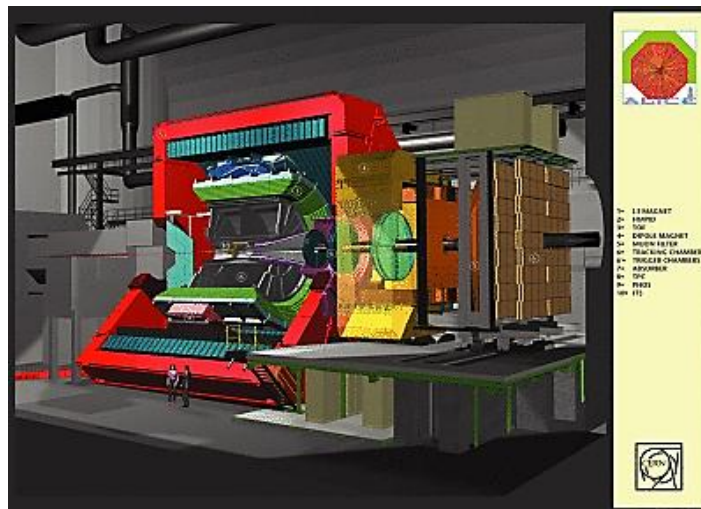


232. Diagrama generado por computador de un dipolo del LHC. CERN

²⁴⁶ Información obtenida del libro. *El LHC y la frontera de la física*. Casas, Alberto. CESIC. Los libros de la Catarata. Madrid. 2009.



233. Diferentes detectores internos de partículas ubicados en el interior de los detectores CMS Y LHC-b CERN



234. Diferentes detectores internos de partículas ubicados en el interior de los detectores ALICE y ATLAS. CERN

La colosal cantidad de información obtenida por los detectores es procesada electrónicamente, pasando en primer lugar por unos sistemas de selección ó *triggers* que escogen los datos de sucesos que puedan aportar señales de una nueva física, desechando el resto. Los datos seleccionados son almacenados para su posterior distribución en el CERN y centros afines en distintas partes del mundo, como el Fermilab en Estados Unidos o el Puerto de Información Científica de la Universidad Autónoma de Barcelona en España. No es de extrañar que la World Wide Web << www >> naciera en el CERN en 1989 de la mano del físico Tim Berners-Lee, siendo concebido como un sistema universal para navegar por información a través de Internet; en este sistema, la red es una colección de recursos y documentos que se conectan por hipertexto, pudiéndose compartir con todos los ordenadores conectados a ella.

En 1990 apareció la primera página web de la historia, <http://info.cern.ch/hipertex/WWW/TheProjet.html>, con el fin de optimizar los recursos para la avalancha de datos suministrados por los detectores.

Posteriormente, este sistema fue puesto a disposición, fuera del CERN, de los usuarios de Internet, que ya existía como una infraestructura de redes informáticas desde 1969, produciendo un suceso sin precedentes en las comunicaciones a nivel mundial y en todos los niveles²⁴⁷.

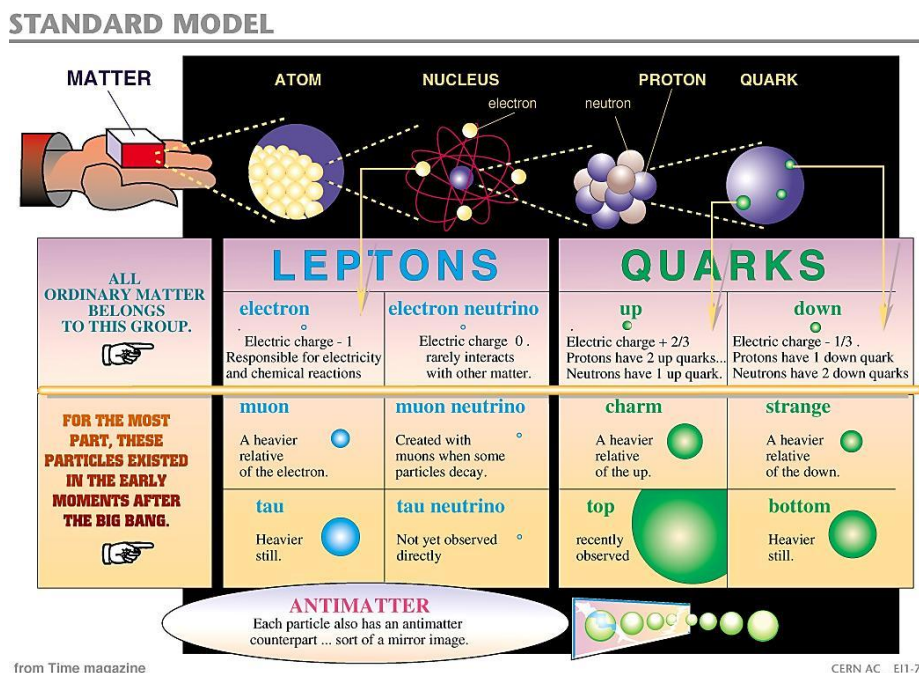
En la actualidad, y con el mismo fin, almacenar la colosal cantidad de datos aportados por el LHC y aumentar la capacidad de computación imprescindible para su análisis, el CERN está desarrollando una nueva red denominada WLCG (*Worldwide LHC Computing Grid*).

²⁴⁷ La red WWW es una colección de recursos y de documentos conectados por hipertexto donde en el ordenador fuente la información está definida según un lenguaje conocido como Protocolo Estándar de Internet IP. Los paquetes se comprimen y transmiten de forma individual, mediante conexiones de cobre o fibra óptica. En el ordenador de destino, los paquetes de información se descomprimen y se descifran.

6-2-5 ATOM HEART MOTHER²⁴⁸. IMÁGENES DE LO INCOGNOSCIBLE

Los datos seleccionados son reconstrucciones de los sucesos originados en la colisión, capturados por cada una de las capas de detección que conforman los cuatro detectores principales (CMS, LHC- b, ATLAS, ALICE).

Las colisiones entre partículas (que pueden darse entre partículas elementales o compuestas, como los protones, que en su complejo mundo interior tienen dos quark *u* y un quark *d*, además de dinámicos gluones que pueden producir quarks intermedios de cualquier sabor) dan como resultado una gran cantidad de partículas finales que dejan su huella en las distintas capas del detector, revelando el desordenado y diverso mundo subatómico que configura la materia del Universo.



235. Partículas que configuran el Modelo Estándar de la materia. Fuente: Time magazine/ CERN

²⁴⁸ *Atom Heart Mother*. Waters, Mason, Gilmour, Wright. Pink Floyd. Discográfica Harvest, Capitol. Reino Unido. 1970.

Estas imágenes son reconstrucciones artificiales del suceso codificadas con colores y elaboradas a través de sistemas informáticos inteligentes que muestran sólo lo que interesa observar científicamente. En determinados casos son también simulaciones que representan lo que debería pasar si los datos matemáticos aportados por los físicos teóricos son los correctos. Sin embargo, para el no especialista en la materia, como es mi caso, y para un público general, es la única manera de “visualizar” el mundo subatómico, acercándonos a la esencia de la formación y configuración de la estructura del Universo, mostrándonos una abstracción fascinante y atrayente por lo que representa y descubriendo en estas imágenes un profundo contenido estético como se comprueba en la propuesta expositiva perteneciente al Microcosmos CERN en la cuarta parte de la tesis.

Las imágenes que exploran este asombroso mundo se pueden dividir, a grandes rasgos y por la manera de obtenerlas, en tres grandes grupos:

- Imágenes fotográficas o fotografías de la cámara de burbujas o de la cámara de niebla que se realizaron en la época del desarrollo de la física de partículas, efectuando importantes descubrimientos y permitiendo observar las trayectorias de las partículas subnucleares. Son fotografías analógicas donde queda representada la huella o traza de algo real demostrando su existencia y permitiendo el análisis de lo que en ella se observa, siempre comprobándolo con los datos teóricos disponibles.
- Imágenes digitales construidas a partir de los datos aportados por el conjunto de detectores que conforman las cámaras cilíndricas de detección. Cada detector obtiene un determinado tipo de datos:

velocidad, momento, energía o tipos de partículas. A partir de esta información los modernos ordenadores construyen los sucesos que se producen en el detector como consecuencia de la colisión.

- Imágenes digitales que muestran una simulación informática de un suceso que puede ocurrir, ya que teóricamente está demostrado pero experimentalmente aún no se ha logrado observar. La simulación predice lo que verían los investigadores en una colisión ficticia. Un ejemplo de ello sería la colisión electrón–positrón a muy alta energía para producir un bosón de Higgs y un bosón Z, o la simulación de un agujero negro microscópico.

La fotografía analógica, más aferrada a lo real, da paso a una construcción digital a partir de datos obtenidos de un suceso real o de un hecho que puede ocurrir en la realidad, ya que matemáticamente está demostrado aunque aún no se haya observado.

“De igual modo que nuestras fotografías familiares en blanco y negro se han visto reemplazadas por las cámaras digitales, el color de alta resolución, las funciones del teleobjetivo, las películas instantáneas y la grabación de videos, la detección de las colisiones de partículas elementales y las desintegraciones se lleva a cabo hoy en día mediante cámaras cilíndricas de varias capas”²⁴⁹.

²⁴⁹ Barrow, John D. *Imágenes del Cosmos*. Editorial Paidós Ibérica S.A. Barcelona 2009. Pág. 425.

6-2-6 *HEAVY CONSTRUCTION*²⁵⁰. CONSTRUCCIONES, ENSAMBLAJES Y SIMULACROS

La imagen fotográfica se ha convertido en una construcción de sucesos reales y en una simulación de acontecimientos que pueden producirse; esa intención objetiva de la experimentación científica, donde se explora la realidad de la manera más concisa posible a través de la reconstrucción de sucesos o simulacros que remitan a lo real, a lo existente, se puede extrapolar a algunas prácticas artísticas contemporáneas donde la imagen fotográfica digital es la protagonista. Varios artistas utilizan esa construcción y ensamblaje que remite a las Vanguardias artísticas donde constructivistas, dadaístas, arquitectos neoplasticistas o suprematistas se calificaban de ensambladores o ingenieros constructores, e insinúa una aproximación a la realidad a través de diversos datos extraídos de ella, al igual que esa realidad subatómica que tiene que aprehenderse fraccionada, construyéndose posteriormente para poder ser interpretada. Esto es posible gracias a los nuevos medios digitales que tiene la computación como base fundamental para generar datos y gestionarlos, convirtiendo el suceso final en un *sampling* que

“implica polivalencia semiótica, simultaneidad cronológica y paralelismo espacial, dando como resultado un mundo de mezclas, estructuras y nuevos contextos individuales y colectivos de creación y recepción de las manifestaciones artísticas. Es un método para la reestructuración de datos y va mano a mano con la segmentación analógica y digital y la estandarización de nuestro mundo”²⁵¹.

²⁵⁰ *Heavy ConstruKction*. Album en directo 3cd's King Crimson Robert Fripp, Adrian Belew, Trey Gunn, Pat Mastelotto, Bill Bruford y Tony Levin. Discográfica Discipline Global Mobile. Reino Unido 2000.

²⁵¹ Sedeño Valdellos, Ana María. *Nuevas pantallas. El fenómeno de los videos jockeys*. En Lápis nº 247. Pág. 64.

Fotógrafos y artistas contemporáneos realizan sus obras a partir de imágenes digitales obtenidas de la realidad fragmentándola para, con esas unidades, construir una imagen final que se aproxima a una realidad elaborada por el artista para expresar o transmitir un mensaje. Una construcción plástica que tiene su origen en la obra *Naturaleza muerta con silla de rejilla* (1912) de Picasso (imagen 46), que combina el dibujo con objetos cotidianos, como un trozo de mantel y un fragmento de una cuerda de cáñamo, construyendo el cuadro a partir de materiales diversos y denominándolo *collage*. Igualmente esta construcción fotográfica nos remite a las desarrolladas en el siglo XIX por Muybridge y Marey con la intención de investigar el movimiento, y por la combinación de fotografías y negativos fotográficos que también se practicó por los fotógrafos pertenecientes a la corriente pictorialista; estos fotógrafos combinaban varios negativos fotográficos, pertenecientes a distintas tomas, para realizar su obra final. En su composición alegórica *Los dos caminos de la vida*, 1857 (imagen 12) Oscar Rejlander utilizó treinta negativos acoplados para obtener el resultado final.

Asimismo, se utilizaba para combinar figuras con paisajes o diferentes tipos de luz que necesitaban exposiciones distintas. Maurice Loewy (1833-1907) y Pierre H. Puiseux (1855-1928) elaboraron el primer atlas lunar compuesto de 80 fotografías de 50x70 centímetros ensambladas creando un montaje fotográfico científico (imagen 10).

Ya en la primera vanguardia del siglo XX, el artista se convierte en ingeniero constructor y científico investigador, tal y como se puede apreciar en el constructivismo, el suprematismo, el neoplasticismo y la Bauhaus, donde los artistas trabajan la técnica del fotomontaje y el collage de manera habitual creando ensamblajes que pretenden mostrar la realidad de esa época revolucionaria e innovadora.

A finales del siglo XX, el desarrollo industrial ha dejado paso a un desarrollo tecnológico que ha transformado la sociedad revolucionando las comunicaciones, la economía, el arte, la ciencia y el conocimiento en su proceso de adquisición y transmisión, globalizando el mundo y situándonos en un momento histórico muy similar al vivido en el inicio del siglo XX.

Algunos artistas de este periodo han desarrollado obras y proyectos con unas directrices muy similares a las aquí expuestas.

Nancy Burson realiza una serie de trabajos donde a partir de diversas fotografías de rostros humanos, fragmentos de una realidad, acaba construyendo un rostro resultado de la combinación de esos fragmentos, gracias al uso de un software informático; transfigurando el rostro humano para convertirlo en una simulación de un ideal estético, ideológico o antropológico. En *Mankind* (1983-1985) combina rostros de las diferentes razas humanas en función de la cantidad de habitantes de cada raza que pueblan el planeta. De la misma manera realiza *Beauty Composites* (1982) (imagen 237), donde utiliza retratos de iconos cinematográficos femeninos con el objeto de encontrar el ideal de belleza femenino.

Este concepto lo desarrolló en 1975 Krzysztof Pruszkowski (1943-) trabajando en el proceso de un nuevo método de fotografía que él llama "*fotosíntesis*". La técnica de la *fotosíntesis* consiste en colocar imágenes (negativos) de objetos similares superpuestas dando como resultado un positivo fotográfico que contiene todas las imágenes. Su objetivo es llamar la atención sobre la relatividad de las generalizaciones y las tipologías. Pruszkowski se niega a utilizar técnicas digitales en su *fotosíntesis* alegando que una composición manual de las imágenes es más transparente e intelectualmente más significativa.

El artista Keith Cottingham utiliza personajes que están previamente contruidos en un modelo de cera que, después de capturarlo electrónicamente, recubre digitalmente de piel y pelo para que tenga la apariencia real que viene dada por el medio

fotográfico (imagen 238). “Si hasta el momento la fotografía precisaba del referente para adquirir su auténtica carta de naturaleza (es decir, del modelo al otro lado del objetivo), ahora el nuevo producto digital, a priori, no precisa de referente alguno, ya que es capaz de crear su propio mundo virtual en tres dimensiones a partir de la nada”²⁵².

Las nuevas tecnologías no sólo están amplificando los poderes de la visión, sino que también están cambiando su naturaleza y sus funciones creando imágenes nuevas, cada vez más alejadas de la realidad y de la supuesta objetividad que desde siempre se ha vinculado al medio fotográfico. Esta simbiosis entre realidad e irrealdad nos acerca a la construcción, al simulacro y a la ficción, cuestionando el documentalismo fotográfico y acercando el medio a discursos cada vez mas alejados de la realidad.



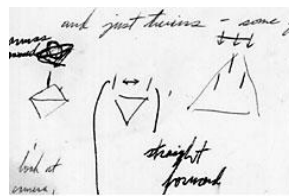
236. Burson. *Businessmen Source*

Burson. *Businessmen*.1983

²⁵²Gómez Isla, José. *Lecturas Híbridas*. Universo Fotográfico nº1. <http://www.ucm.es/info/univfoto/> [30-01-2010]



237. Burson. *BeautyComposite*: Bette Davis, Audrey Hepburn, Grace Kelley, Sophia Loren, and Marilyn Monroe. 1982



238. Keith Cottingham. *In Progress*. 1992

Keith Cottingham, *Triplets*, 1993

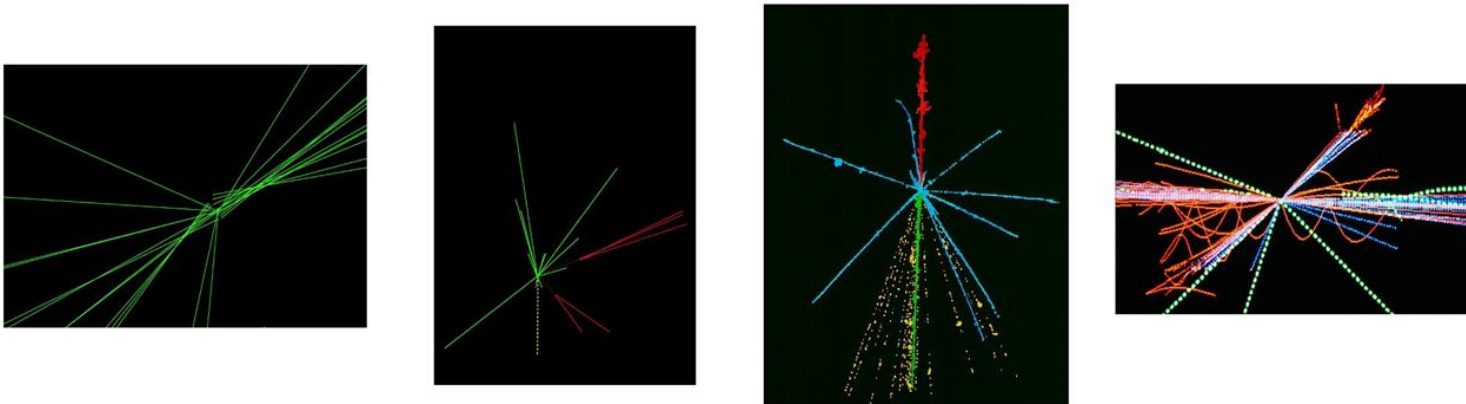
Fotógrafos y artistas como Keith Cottingham, Aziz & Cucher, Pedro Meyer, Daniel Canogar, Joan Fontcuberta o Jeff Wall, que construyen digitalmente una escena de apariencia cotidiana, presentan sus fotografías dentro de los cánones estéticos tradicionales del realismo fotográfico. En el arte, la construcción y el simulacro pretenden tomar una apariencia real, como si se tratara de un hecho encontrado, evitando así su rechazo y ajustándose a lo correcto. De la misma manera, en las construcciones y simulacros llevados a cabo en los modernos detectores, los resultados se ajustan a una realidad ya conocida teóricamente y ampliamente demostrada. Por el contrario, esa realidad presentada a través de sus imágenes es comprendida solamente por una pequeña minoría que tiene una amplia formación en ese campo; no obstante, sin llegar a ser un especialista se puede llegar a estimar su importancia, comprender su significado y su proceso de construcción, semejante al utilizado en la actualidad por numerosos artistas y fotógrafos, admirando su belleza y reflexionando acerca de su contenido.



239. Jeff Wall, *A Sudden Gust of Wind (after Hokusai)* 1993

6-2-7 PUNTOS Y LÍNEAS DE COLORES

Paradójicamente, esta realidad tan evidente y esquiva, invisible para el ojo humano, se torna en una pura abstracción donde sus componentes son los elementos básicos de la comunicación visual, la esencia de la representación gráfica²⁵³: *Punto y línea sobre plano*, como el título de uno de los libros de referencia en la pintura abstracta escrito por Kandinsky. Una reducción de todo lo que vemos a unos elementos visuales básicos sería ya de por sí una abstracción, y en estas imágenes lo que estamos viendo es una simplificación de lo visible y lo invisible a sus elementos esenciales, los bloques básicos que configuran la materia, la realidad última que hace posible que nuestro mundo, que todo el Universo sea como es; la realidad última a la cual han llegado los científicos después de titánicos esfuerzos intelectuales.



240. Puntos y líneas sobre plano es el resultado final si descontextualizamos estas imágenes de su ámbito de investigación científica en la física de partículas. Son los elementos básicos de la materia y de la expresión plástica. Imágenes extraídas de <http://cdsweb.cern.ch/collection/Photos> [07-02-2007] Fuente CERN

²⁵³ “El arte del último siglo, entendido como una sucesión de líneas rectas, sinuosas y discontinuas. Este es el punto de partida de la exposición *Una breve historia de las líneas*, recientemente inaugurada en la segunda sede del Centro Pompidou en Metz, que se propone trazar una genealogía alternativa de la pintura, la fotografía y el grafismo desde 1925. Hasta el 1 de abril y a través de más de 200 obras, la muestra explora cómo los grandes artistas del siglo pasado —de Duchamp a Fontana y de Man Ray a John Cage— jugaron con la línea en su obra artística, demostrando que el más sencillo trazo podía representar cualquier objeto, persona y acción. La línea desnuda, hasta entonces herramienta exclusivamente aceptable en los dibujos preparatorios, entró en la historia del arte en mayúsculas” Alex, Vicente. *Breve historia de la línea*, en diario El País. Edición 4 de febrero 2013. <http://www.centrepompidou-metz.fr/une-breve-histoire-des-lignes> [4-2-13]

Sin embargo, aún queda mucho por descubrir, como ilustra en esta metáfora el astrofísico Carl Sagan:

“La superficie de la Tierra es la orilla del océano cósmico. Desde ella hemos aprendido la mayor parte de lo que sabemos. Recientemente nos hemos adentrado un poco en el mar, vadeando lo suficiente para mojar los dedos de los pies, o como máximo para que el agua nos llegara al tobillo. El agua parece que nos invita a continuar. El océano nos llama. Hay una parte de nuestro ser conocedora de que nosotros venimos de allí. Deseamos retomar. No creo que estas aspiraciones sean irreverentes, aunque puedan disgustar a los dioses, sean cuales fueren los dioses posibles.”²⁵⁴

Lo último que conocemos no es aún lo definitivo, no es el final; es lo más extremo a donde ha llegado el ser humano profundizando en el interior de la materia gracias al desarrollo científico, intelectual y tecnológico; es el conocimiento de nuestra época en el inicio de un nuevo milenio, una época de asombrosos descubrimientos que ya intuyeron hace milenios pensadores de la antigüedad como Seneca:

“Llegará una época en la que una investigación diligente y prolongada sacará a la luz cosas que hoy están ocultas. La vida de una sola persona, aunque estuviera toda ella dedicada al cielo, sería insuficiente para investigar una materia tan vasta... Por lo tanto este conocimiento sólo se podrá

²⁵⁴ Sagan, Carl. *Cosmos*. Capítulo I. Editorial Planeta. Barcelona. 2004. Pág. 29.

*desarrollar a lo largo de sucesivas edades. Llegará una época en la que nuestros descendientes se asombrarán de que ignoráramos cosas que para ellos son tan claras... Muchos son los descubrimientos reservados para las épocas futuras, cuando se haya borrado el recuerdo de nosotros. Nuestro universo sería una cosa muy limitada si no ofreciera a cada época algo que investigar... La naturaleza no revela sus misterios de una vez para siempre.*²⁵⁵.

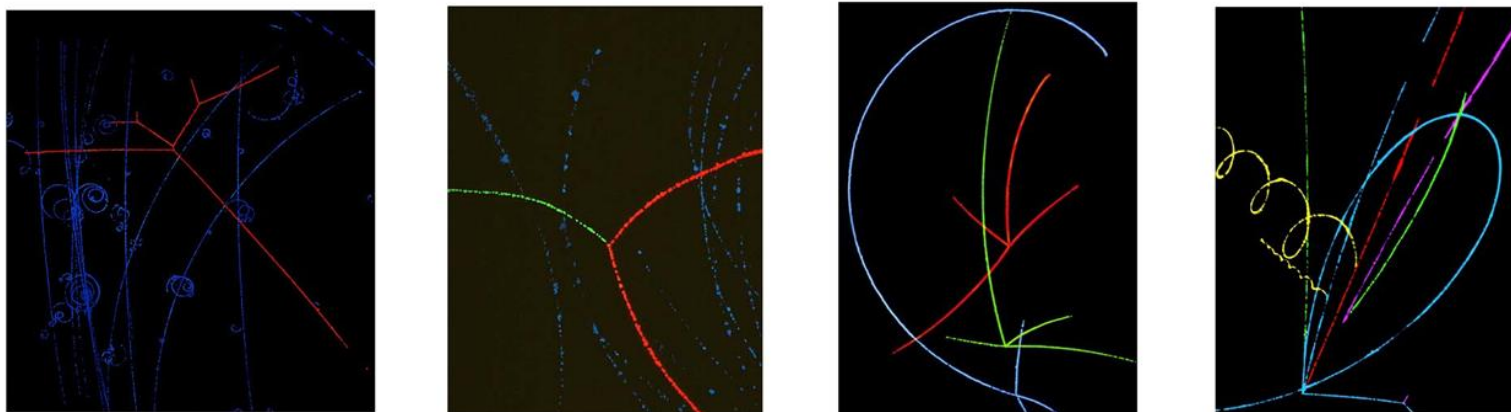
La imagen de nuestra época es la del universo profundo visto por los grandes telescopios y las sondas espaciales; es la imagen de nuestro planeta y los que forman nuestro sistema planetario con su estrella principal, el Sol; es la imagen de la máquina condensada en la forma cuadrada y negra del microprocesador y es la imagen de lo más profundo de la materia, lo esencial, formado por puntos y líneas sobre un plano vacío donde se representan las trayectorias de diminutas partículas que constituyen toda la materia. Kandinsky ya lo intuyó:

*“La aplicación de la línea en la naturaleza es rica y profusa. Sólo un investigador, un científico, podría llevar a cabo un estudio sobre este importante tema. Especialmente valioso para el artista sería advertir hasta qué punto el reino independiente de la naturaleza aplica los elementos básicos: qué elementos aparecen, qué propiedades poseen y de qué modo se combinan”*²⁵⁶.

²⁵⁵ Séneca. *Cuestiones Naturales. Libro VII*. Siglo Primero Citado por Sagan, Carl. *Cosmos*. Introducción. Editorial Planeta. Barcelona. 2004. Pág. 7

²⁵⁶ Kandinsky, W. *Punto y línea sobre plano*. Ediciones Paidós Ibérica. Barcelona. 1996. Pág. 94

De esta idea se genera el grado cero de la pintura planteado por Malévich mediante una reducción a formas geométricas planas y delimitadas, donde el cuadrado era el elemento suprematista básico y generador de todas las demás formas suprematistas (el rectángulo, la cruz y el círculo), como la creación espacial de formas dinámicas en el espacio desarrollada por Naum Gabo al explorar la desmaterialización de la masa y el volumen inducido por su fascinación por los contrastes entre lo vacío y lo sólido.



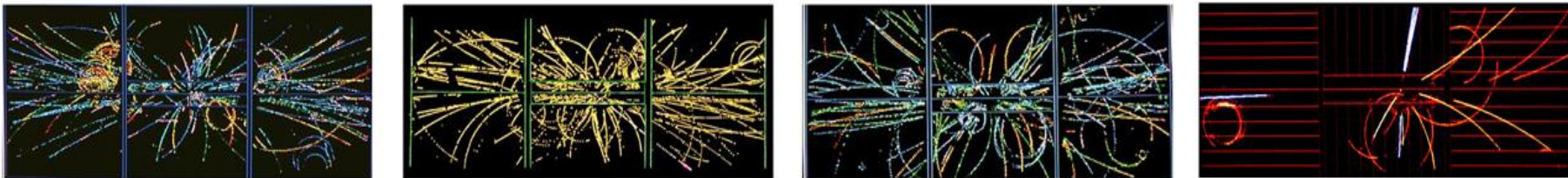
241. Imágenes extraídas de <http://cdsweb.cern.ch/collection/Photos> [07-02-2007] Fuente CERN

6-2-8 SHINE ON YOU CRAZY DIAMOND²⁵⁷

Las imágenes obtenidas por los detectores ubicados en los aceleradores de partículas del CERN nos muestran trayectorias de diversos tipos de partículas creadas por enérgicas colisiones. Con todo, no hay signos de violencia en ellas sino de dinamismo, de movimiento vertiginoso y desordenado, un caos natural que contrasta con la ortogonalidad impuesta por la máquina creada por el hombre; una cuadrícula pretende ordenar un caos cuyo resultado es una simbiosis entre Piet Mondrian y

²⁵⁷ *Shine on You Crazy Diamond*. Pink Floyd. Gilmour, Waters, Wright. Wish You Were Here. Estudios Abbey Road. Discografica Harvest / EMI. Reino Unido. 1975.

Jackson Pollock, entre lo racional y lo irracional, unidos para esclarecer los misterios más recónditos y desconocidos del Universo. Ciencia y arte reunidos para encontrar nuevos territorios inexplorados, nuevas dimensiones a las que parecen huir algunas de las partículas conocidas. Su conducta está sometida a las azarosas leyes de la mecánica cuántica, que describen el comportamiento del mundo a escala subatómica, y donde los sucesos ocurridos nada tienen que ver con los experimentados a escala humana. El resultado son unas imágenes que revelan unos elementos fundamentales, neutros, que no provocan ningún tipo de sentimiento, con la única intención de mostrar la realidad última.



242. Imágenes extraídas de <http://cdsweb.cern.ch/collection/Photos> [07-02-2007] Fuente CERN

Las partículas subatómicas lo inundan todo, atravesándonos de manera silenciosa. Sólo tenemos acceso a ellas por medio de los instrumentos científicos, que nos muestran sus trazas, y del lenguaje matemático, un lenguaje que describe muy bien el comportamiento de la naturaleza; eso sí, frecuentemente requiere la utilización de conceptos matemáticos avanzados y muy complejos. Teoría y experimentación, dos características básicas de la ciencia moderna que comenzó hace siglos con Galileo y aún siguen siendo efectivas.

Estas imágenes científicas están al alcance de todos. Es la única posibilidad de acceder a este submundo bello y complejo, lleno de energía y de misterio, que aún no está determinado. Las partículas no las vemos, no sabemos realmente

como son, sólo que existen, que están ahí, dentro de nosotros, en todos los objetos y las cosas, en el Universo... Sin embargo, según la reciente teoría de cuerdas, no serían las partículas los constituyentes fundamentales de la materia; éstos corresponderían a pequeñísimos objetos unidimensionales, imaginados como *cuerdas* en distintos modos de vibración, los cuales sustituirían en esta teoría a las partículas²⁵⁸. Estamos viendo líneas de energía a diferentes velocidades y con distintas masas, en tiempos del orden de nanos y fentosegundos, que dibujan una abstracción lo más cercana posible a la realidad a través de una construcción o ensamblaje informático realizado con los datos procedentes de los diversos detectores, de los que, en la gran mayoría de los casos, ya se había conocido su existencia a través del lenguaje matemático.

En las antiguas fotografías en blanco y negro de las cámaras de niebla y de burbujas aparecían menos datos, al disponer de medios más básicos; los primeros aceleradores colisionaban un haz contra un blanco fijo. La primera colisión entre dos conjuntos de partículas se llevó a cabo en el CERN en el año 1971. Las partículas dejaban su rastro dibujando en la fotografía una abstracción muy parecida a las composiciones de Jackson Pollock (1912-1956) realizadas por una novedosa técnica iniciada en 1947, denominada *dripping*, que consistía en dejar que la pintura goteara en el lienzo de forma automática, desarrollando una compleja matriz de trazos elípticos entrelazados y en diferentes capas. Pollock usaba los pinceles acoplados a bastones y desde la distancia dejaba gotear la pintura sobre el lienzo dibujando trazos de manera aleatoria que se superponían.

En un artículo publicado en 1951 por Peter Blanc y titulado *The Artist and the Atom* se establecen analogías entre pintores del expresionismo abstracto americano, como Pollock o De Kooning, y las fotografías de partículas subatómicas:

²⁵⁸ Para más información ver: “¿Es la teoría de cuerdas una ciencia?” Dieter Lüst. Revista Investigación y Ciencia. Septiembre 2010. Pág. 82-87.

“No es exagerado dar por supuesto que una percepción intuitiva de la analogía existente entre los esfuerzos del hombre de ciencia por encontrar un orden físico en el mundo fragmentado y el perenne esfuerzo del artista por encontrar orden y unidad espirituales capaces de caracterizar y definir la obra de arte, ha inducido al artista a explotar subconscientemente impresiones recordadas de fotografías de cámaras de niebla como símbolo común de la investigación”²⁵⁹.

El arte vuelve a buscar inspiración en la ciencia y además la utiliza como medio de análisis. En un reciente estudio llevado a cabo por el físico Richard Taylor acerca de la estructura fractal de las obras de Pollock, se llegó a la conclusión de que Pollock *“había intuido las características de los fractales mucho antes de que Benoit Mandelbrot atrajera la atención del público hacia estos objetos matemáticos y les diese su nombre. Los fractales tienen pautas en todas las escalas y el ojo no es atraído a ninguna particular escala dominante de pautas estadísticas. Pollock fue extraordinariamente perceptivo en su identificación visual de este aspecto estadístico a partir de la experiencia”²⁶⁰*. Pollock podría haberse inspirado en las fotografías de partículas subatómicas, pero estas no siguen ninguna pauta fractal. Él intuyó el patrón para definir el caos compositivo de sus obras haciendo fractales con gran exactitud igual que los físicos ponen orden en el caos de partículas resultantes de las colisiones al identificarlas y clasificarlas ajustándose a la exactitud matemática del modelo estándar. Arte realizado por físicos.

²⁵⁹ Blanc, Peter. *The Artist and the Atom*. Citado por Scharf, Aaron. Op.Cit. Madrid 1994. Pág. 331.

²⁶⁰ Barrow, John D. *El universo como obra de arte*. Editorial Crítica. Barcelona 2007. Pág. 124-125.

6-2-9 SIMULACIONES: MICROSCÓPICOS AGUJEROS NEGROS Y BOSÓN DE HIGGS.

Realmente es extraordinario lo que observamos en estas imágenes científicas (imágenes 240-241-242); incluso llegan a simular un agujero negro microscópico y registrar las partículas que aparecerán después de su desaparición, como se observa en la serie: *A collection of ATLAS collision event in which a microscopic-black-hole was produced in the collision of two protons* en <http://atlas.ch/photos/events-simulated-black-hole.html> y de la cual he extraído varias imágenes para configurar la imagen *Simulaciones* (imagen 243), donde configuro un archivo de sucesos que aun no se han demostrado experimentalmente, si bien, se tiene certeza de que se originarán de esta manera gracias a las predicciones de los físicos teóricos.

La Teoría de la Relatividad General predice que a partir de una cierta concentración de masa se produce un colapso gravitacional, generándose un agujero negro que devorará cualquier objeto que traspase su horizonte de sucesos, incluida la luz. Actualmente sabemos de la existencia de agujeros negros muy masivos en el Universo, si bien aún no se han observado. Además, a escala microscópica y según la predicción del físico teórico Stephen Hawking (1942-), pueden producirse agujeros negros microscópicos²⁶¹, que en realidad no son totalmente negros, evaporándose en una fracción de segundo y produciendo partículas convencionales que podrían generarse y ser observadas en los detectores del LHC.

El agujero negro nace de la idea de un cuerpo celeste antinómico del Sol, la luz y la oscuridad. En los *Principios matemáticos de filosofía natural* publicados en 1687 por Newton aparece la ley de la gravitación universal, estableciendo que toda materia se encuentra sometida a una fuerza gravitacional de atracción. Igual que el Sol está sometido a esa fuerza gravitatoria, imponiéndola a su vez a los demás planetas, el cuerpo celeste negro ejercerá la misma fuerza a todo lo que exista

²⁶¹ Para una mayor información se puede consultar el libro. *Agujeros negros y Pequeños universos*. Hawking, Stephen. Editorial Planeta. Barcelona 1993.

alrededor de él. Pierre–Simon Laplace (1749 -1827) tenía una versión de los agujeros negros muy acertada: “*La hipótesis relativa a estas estrellas oscuras señalaba que un cuerpo con un diámetro que fuera 250 veces el del Sol y con la misma densidad que la Tierra ejercería una atracción gravitatoria tan fuerte que ni siquiera con luz podría escapar de él*”²⁶². Los cuerpos celestes oscuros comenzaron a influir en la imaginación de escritores y artistas debido al poder de atracción tan extraordinario y misterioso que ejercía en otros cuerpos celestes y la peculiaridad de no poder ser vistos; algo invisible que devora hasta la luz y una vez dentro de él es imposible salir excita la mente de cualquiera. Dejando volar la imaginación se puede especular sobre cualquier posibilidad de lo que allí dentro puede suceder.

Fue el cineasta Stanley Kubrick (1928-1999) ayudado por el matemático, físico y escritor Arthur C. Clarke (1917-2008) el primero en mostrar el interior de un agujero negro y las extraordinarias experiencias que se viven dentro de él. Su película *2001: A Space Odyssey* (*2001: una odisea del espacio*²⁶³) apareció en escena poco después de proponerse la expresión *agujero negro* por el físico teórico norteamericano John Archibald Wheeler (1911-2008); “*la misma recoge la noción esencial de un objeto permanente relativista y, como tal, generador de las más extremas deformaciones del espacio-tiempo, capaces de aprisionar tanto materia como luz*”²⁶⁴. Kubrick propone un vertiginoso viaje a través del tiempo y del espacio en el interior de una galería llena de luz y color, donde el sonido de fondo es el *Réquiem* de György Ligeti (1923-2006); un recorrido lisérgico que finaliza con la cuestión universal “¿De dónde venimos y hacia dónde vamos?” El agujero negro como expresión de la teoría

²⁶² Gribbin, John. *Historia de la ciencia*. Editorial Crítica. Barcelona 2003. Pág. 252.

²⁶³ *2001: A Space Odyssey*. Dirigida por Stanley Kubrick Guión Stanley Kubrick y Arthur C. Clarke. Time Warner Company. 1968.

²⁶⁴ Lecourt, Dominique (dir.) *Diccionario Akal de Historia y Filosofía de las ciencias*. Ediciones Akal. Madrid 2001. Pág. 36

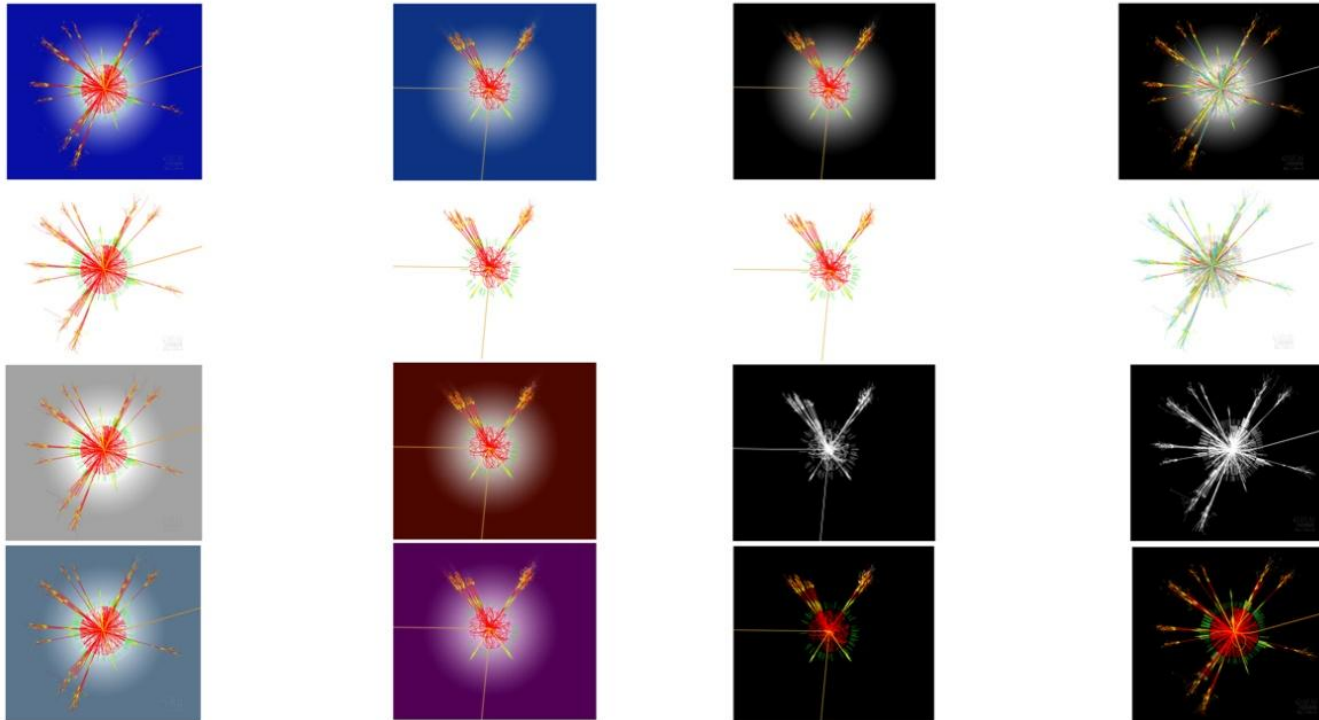
relativista de Einstein y sus viajes en el espacio y el tiempo, como misterioso conductor a esa dimensión espacio–tiempo imperceptible a través de nuestros sentidos.

El agujero negro continúa estimulando la imaginación de científicos y artistas; Kubrick lo representa permitiéndose las licencias de todo artista, dejando volar la imaginación, con un atractivo componente estético y sugiriendo una experiencia sublime y fantástica en caso de colarnos en uno de los múltiples que existen en el Universo.

Las imágenes simuladas del CERN intentan ser lo más objetivas posibles para así poder analizar qué ocurriría en el caso de la formación de un agujero negro microscópico y qué tipos de partículas se generarían, si bien la presentación del suceso a distintos colores y de manera seriada (donde la generación del agujero negro microscópico es repetida exactamente en diversas coloraciones con la intención de examinar hasta el más mínimo detalle) añade un elemento estético a las imágenes que sumado al concepto de agujero negro les confiere una estructura sugestiva, invitando a la imaginación a un viaje alucinante a través de la materia y del cosmos, haciéndonos reflexionar sobre lo cerca que se encuentran el microcosmos y el macrocosmos e insistiendo en hacer visible lo invisible.

Son imágenes que pueden vincularse al concepto de simulación definido por Jean Baudrillard (1929 -2007) muy propio de nuestra época actual regida por unos códigos genéticos, binarios,... y donde lo esencial no es la producción, sino la reproducción de objetos:

“Lo real es producido a partir de células miniaturizadas, de matrices y de memorias, de modelos de encargo - y a partir de ahí puede ser reproducido un número indefinido de veces”²⁶⁵



243. Simulaciones. Imágenes extraídas de <http://cdsweb.cern.ch/collection/Photos> [17-03-2011] Fuente CERN

Estas imágenes del micromundo se tornan bellas y luminosas, quizá con el propósito de descubrirnos el oculto y atractivo mundo de las partículas subatómicas y mostrarnos la enorme cantidad de energía que se necesita para acceder a él. Un

²⁶⁵ Baudrillard, Jean. *Cultura y Simulacro*. Editorial Kairós. Barcelona 1978. Pág. 7

universo que tiene sus propias leyes, un espacio donde las formas se diluyen existiendo únicamente la figura de la estructura geométrica de la máquina diseñada por el hombre, un mundo donde sólo existen puntos y líneas marcando las trayectorias de las entidades más pequeñas y esenciales de la naturaleza y produciendo un complejo laberinto en el que se intenta poner orden añadiendo colores o aislando sucesos con la intención de simplificarlos; en el que las simulaciones buscan adelantarse al suceso real, descubriendo unos fenómenos que han sido revelados teóricamente como el agujero negro microscópico o el bosón de Higgs imprescindible para confirmar el Modelo Estándar²⁶⁶.

El bosón de Higgs es una pieza clave y la última que quedaba por revelar para que todo encaje en el Modelo Estándar. Su función sería la de aportar masa a las partículas. *“La idea nueva es que el espacio entero contiene un campo, el campo de Higgs, que impregna el vacío y es el mismo en todas partes. Es decir que cuando miramos las estrellas en una noche clara estamos mirando el campo de Higgs. Las partículas, influidas por este campo, toman masa”*²⁶⁷. Aunque de todos es conocida la idea de que las partículas toman energía de campos como el electromagnético o el gravitatorio *“la energía potencial tomada del campo de Higgs difiere en varios aspectos de la acción de los campos más familiares. La masa tomada del Higgs es en realidad masa en reposo. [...]Otra diferencia es que la cantidad de masa que se traga del campo es distinta para las distintas partículas”*²⁶⁸ por ello cada una se moverá con distintas velocidades cercanas a la velocidad luz. Luego el vacío está impregnado del campo de Higgs o de un conjunto de partículas de Higgs que son las que se buscan en el LHC, intentando

²⁶⁶ A partir de la idea teórica del quark en los años sesenta se construye el Modelo Estándar de las partículas y las fuerzas para explicar la materia y sus interacciones. Todo lo que existe se puede formar con electrones, neutrinos y quarks ubicados en el interior de los protones y neutrones que forman el núcleo atómico, junto con otras partículas que transportan las fuerzas, electromagnética, nuclear fuerte y nuclear débil que las hacen interaccionar; la gravedad queda fuera de este modelo al no tener ninguna señal del gravitón. Los físicos están intentando colocar la gravedad dentro de un modelo dando lugar a la llamada Teoría Unificada.

²⁶⁷ Lederman, Leon y Teresi, Dick. *La partícula divina*. Editorial Crítica. Barcelona 2007. Pág. 519

²⁶⁸ Lederman, Leon y Teresi, Dick. *Op. Cit.* Pág. 520

perturbar el campo de Higgs con altas energías para que muestre una señal que lo revele y que podemos observar en esta simulación de la aparición del Higgs realizada por el detector ATLAS y comparable en las formas a la del agujero negro anterior.

Su apreciación estética es similar, serie de idéntico suceso compuesta de líneas rectas y curvas en distintos matices de color para diferenciar el Higgs de las demás partículas; diferentes tonalidades en el fondo de la composición.

Conceptualmente, se está buscando un bosón²⁶⁹ que necesita para manifestarse unas energías nunca alcanzadas por ningún artefacto construido por el ser humano, consiguiéndose concentrar en el punto de colisión energías de 14 TeV²⁷⁰, para lo cual se espera acelerar las partículas hasta los 7 TeV por haz. En alguna de las colisiones se espera que aparezca el Higgs, que rápidamente se desintegraría sin llegar a los detectores. Sin embargo, llegarían los productos de su desintegración, que pueden ser un par bottom-antibottom, que a su vez daría hadrones compuestos.

En la serie de imágenes en <http://atlas.ch/photos/events-simulated-higgs-boson.html> y, en la imagen 243, apreciamos dos líneas amarillas que surgen del centro de la colisión, formando un ángulo de unos 65°, que puede que correspondan al par bottom-antibottom. En el interior se produce un gran dinamismo limitado por la barrera circular, que sólo es atravesada por algunas partículas que escapan al campo energético del acelerador. En el centro se produce toda la acción, por ello algunas de las imágenes muestran, en un formato circular, sólo el núcleo central donde aparece una acumulación dinámica de partículas

²⁶⁹ A nivel cuántico los bosones son partículas o conjuntos de partículas especializadas en transmitir las fuerzas de la naturaleza: los fotones se encargarían del electromagnetismo, los bosones Z, W⁺ y W⁻ son mediadores en las reacciones débiles, los gluones portan la interacción fuerte, actuando en los quarks y el bosón de Higgs se piensa que provee de masa a los bosones W y Z, a los quark y a los leptones. En Revolución en la física de partículas de Chris Quigg, Investigación y Ciencia. Abril 2008. Pág. 26

²⁷⁰ El Tera es un billón, un 1 seguido de 12 ceros. 14.000.000.000.000 de electrón voltio. El electrón-voltio es la unidad que mide la energía de las partículas, donde 1 electrón-voltio es la energía que adquiere un electrón al ser sometido a una diferencia a potencial o voltaje de 1 Voltio. Es asombroso ver los altísimos voltajes utilizados para acelerar los haces de partículas.

multicolor, generando una densidad de trazas que da una idea de la complejidad del suceso que está ocurriendo: partículas creándose y destruyéndose en micronésimas de segundo inapreciables para el ser humano.

6-2-10 LOS ELEMENTOS ESENCIALES. GÉNESIS. *METAMORPHOSIS ONE*²⁷¹

Estas imágenes caleidoscópicas (imágenes 240-241-242-243), generadas por ordenador gracias a los datos aportados por los detectores y donde las partículas han dejado su huella tras las colisiones, se asemejan a nuevos mundos iluminados e incorpóreos al compararlas con las imágenes de los planetas y sus lunas pertenecientes al sistema solar, que se analizarán posteriormente en el apartado dedicado al macrocosmos. No obstante, la ciencia tiende siempre a la simplificación, ya que a nivel fundamental la naturaleza es muy sencilla; con muy pocos elementos se pueden construir cosas tan complejas y distintas como los seres humanos. Cada una de las partículas que vemos nos cuenta una posible historia sobre cómo era el universo hace muchísimo tiempo; son los elementos básicos de la materia y están ahí desde siempre, continuamente reciclándose, desde la creación del Universo a partir del Big-Bang²⁷².

Estos elementos básicos que configuran todo lo que existe demostrarían esa simplicidad en la naturaleza de la que hablábamos antes, si bien existe una extraordinaria complejidad en sus procesos y sistemas.

²⁷¹ *Metamorphosis One*. Solo Piano. Philip Glass. Sony Music Estados Unidos.1989.

²⁷² Es la hipótesis más aceptada de la creación del Universo propuesta en 1980 por Alan Guth expone que en la fracción de segundo inmediatamente posterior a la gran explosión y comienzo del Universo, éste comenzó a expandirse creciendo desmesuradamente y amentado su velocidad de desarrollo a lo largo del tiempo. El Universo primordial era muy caliente y toda la materia estaba ionizada, en un morenito dado la ionización cesó y los electrones libres se recombinaron con protones formando átomos neutros emprendiéndose el largo proceso de estructuración que daría lugar al Universo actual.

Extrapolándolo al mundo al arte, siempre y cuando salvemos las distancias, podemos observar que existen “los *elementos artísticos, que son el material de construcción de cada obra y variarán por lo tanto según cada género artístico*”²⁷³. Dentro de estos *elementos artísticos* “se deben distinguir los elementos básicos, es decir, aquellos sin los cuales un género artístico no podría existir”²⁷⁴. Estos “*elementos básicos utilizados en la etapa más primaria de toda obra pictórica, sin los cuales ésta no se podría ni siquiera iniciar, y que constituyen además la base del arte gráfico, independientemente de la pintura*”²⁷⁵, son el punto y la línea, que, en el caso de las imágenes aquí presentadas, aparecen en un plano bidimensional²⁷⁶; de igual manera que en la obra pictórica de los artistas abstractos aquí citados: Kandinsky, Malévich, Mondrian o Pollock. El punto y la línea dentro de un plano bidimensional como elementos esenciales en la configuración de cualquier obra pictórica o fotográfica; las partículas en continuo movimiento como los *elementos básicos* de la materia cuya representación son puntos y líneas que marcan sus trayectorias. Con estos elementos se construye todo, toda la materia existente en el universo con sus diversas formas; todas las formas abstractas, geométricas y figurativas existentes en las pinturas y fotografías. Son los elementos básicos, esenciales y primigenios de cualquier obra producida en la naturaleza o en la pintura.

En las imágenes aquí expuestas, las líneas son las trazas de las partículas en movimiento; puntos en movimiento que forman líneas dinámicas, rectas y en diagonal, generando tensiones, en una composición que tiene como centro el origen de la colisión del que surgen las partículas en forma de trazo de distintos tamaños y en múltiples direcciones.

²⁷³ Kandinsky, W. *Op. Cit.* Pág. 18.

²⁷⁴ *Op. Cit.* Pág. 18.

²⁷⁵ *Op. Cit.* Pág. 18.

²⁷⁶ En la realidad los sucesos producidos en las colisiones de los aceleradores ocurren en espacios tridimensionales y cuatridimensionales, distribuyéndose así las partículas por todo el espacio interior y exterior del acelerador. Existen imágenes que representan tridimensionalmente los sucesos pero no las he contemplado en esta tesis.

Con la existencia de campos electromagnéticos, algunos trazos se transforman en delicadas líneas curvas que forman simples composiciones espontáneas en las que se adivina esa sencillez y esencialidad de lo más profundo de la materia.

6-3 LA VISIÓN EXPANDIDA. EL SISTEMA SOLAR Y LA TIERRA

6-3-1 LA CONSTRUCCIÓN DE LA MATERIA. METAMORPHOSIS TWO²⁷⁷

La materia se ha formado a partir de sus constituyentes básicos: los átomos analizados en su composición interna en el apartado anterior. Un átomo es la partícula más pequeña de un elemento que muestra las propiedades del mismo (apéndice 10 punto 10.1).

Se considera un elemento la sustancia más simple posible en la naturaleza que no puede descomponerse en otras más simples mediante métodos químicos. Se conocen algo más de cien elementos, que se encuentran ordenados en la tabla periódica según dos coordenadas: y por grupos de elementos con propiedades semejantes en líneas verticales, y por su número atómico en líneas horizontales.

TABLA PERIÓDICA DE LOS ELEMENTOS
http://www.periodicos.com/es/

La tabla periódica de los elementos muestra la organización de los elementos químicos basados en su número atómico y propiedades químicas. Se incluyen los elementos desde el hidrógeno (H) hasta el oganesón (Og), así como los elementos de transición y los actínidos y lanfánidos.

245. Tabla Periódica de los Elementos

²⁷⁷ *Metamorphosis Two*. Solo Piano. Philip Glass. Sony Music Estados Unidos .1989.

La materia está compuesta por estos elementos en estado puro, que dan lugar tanto a sustancias simples, formadas por una sola clase de átomos (oro, cobre, silicio, etc.); como a sustancias compuestas, formadas por la combinación de varios elementos. La mayor parte de la materia conocida está formada por este tipo de combinaciones. “*La materia permanece como la matriz común donde se engendran los múltiples y diversos objetos del mundo*”²⁷⁸ un mundo matérico y elemental como el descubierto por los satélites y las sondas espaciales que viajan por nuestro Sistema Solar, gracias a ellos tenemos una visión expandida, cenital, de nuestro planeta y los planetas que comparten el Sol acompañándonos en la órbita alrededor de él (imágenes 256-257-267-272), que han marcado nuestros primeros destinos en la exploración espacial.

Estos planetas y sus lunas están compuestos de materia a distintas temperaturas, que dan lugar a diferentes estados de la materia, generando paisajes rocosos, helados, brumosos y líquidos de gran belleza, prácticamente desconocidos hasta mediados del siglo XX. Gracias al desarrollo tecnológico experimentado en los últimos decenios, estas imágenes están al alcance de todos los que deseen conocer la inmensidad del universo y estos nuevos paisajes abiertos a la imaginación. No obstante, para alcanzar este nivel de excelencia se ha tenido que recorrer un largo camino entre la aparición del telescopio en el Renacimiento y el surgimiento de la fotografía y espectroscopia durante el siglo XIX.

6-3-2 ASTRONOMY DOMINE²⁷⁹. PRIMERAS IMÁGENES

Desde su invención, la fotografía se aplicó a la astronomía. Daguerre intentó realizar daguerrotipos de la Luna, pero los largos tiempos de exposición revelaron una luna movida y difusa.

²⁷⁸ Lecourt, Dominique (dir.) Diccionario Akal de *Historia y Filosofía de las ciencias*. Ediciones Akal. Madrid 2001. Pág. 735

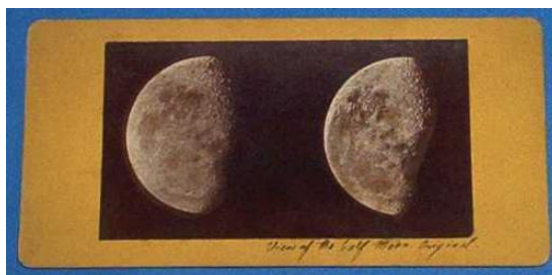
²⁷⁹ *Astronomy Domine*. Syd Barrett. Pink Floyd. The Piper at the Gates of Dawn. Discográfica. Columbia/EMI (UK).Reino Unido. 1967

Como se comentó anteriormente, en la primera parte punto 1.4, en 1840 J.W. Draper (1811-1882) realizó fotografías de la Luna acoplando la cámara a un telescopio reflector de cinco pulgadas de apertura, con tiempos de exposición de 20 minutos, pero puesto que la técnica utilizada era también el daguerrotipo, dio como resultado una imágenes difusas.

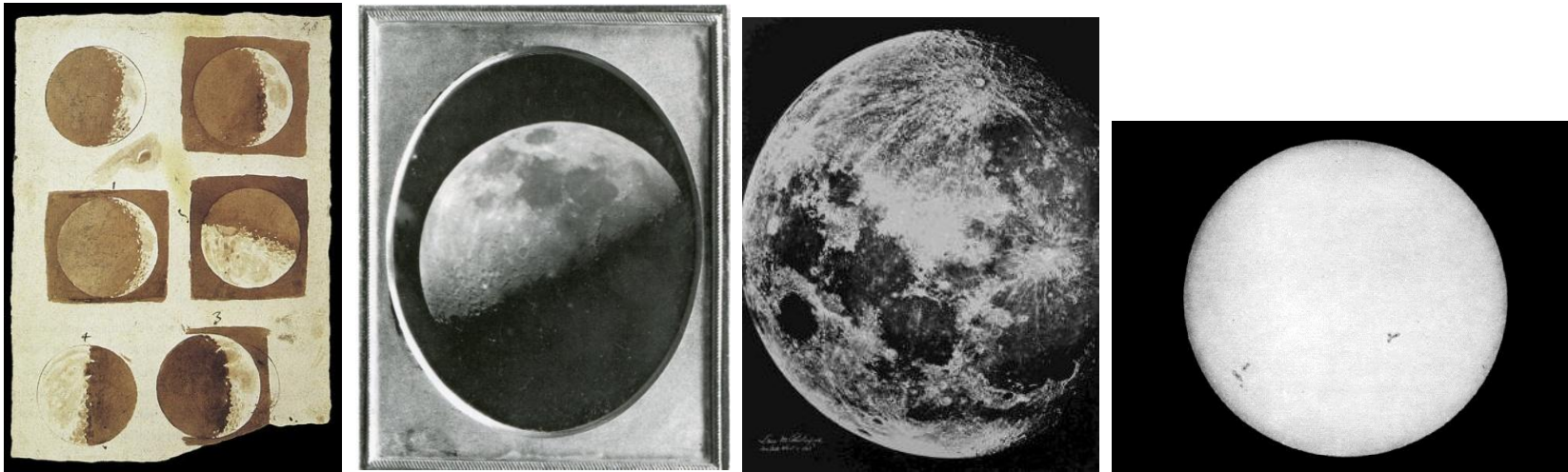
Las primeras imágenes de la Luna con una calidad y definición suficientes fueron los daguerrotipos realizados por el científico Phillips Bond (1825-1865) y el fotógrafo de Boston John A. Whipple (1822-1891), en 1851. Para evitar la pérdida de nitidez utilizaron dispositivos mecánicos como sistema de seguimiento del movimiento de la Luna.

El Sol fue fotografiado en 1845 por Foucault y Fizeau con la técnica del daguerrotipo. Al ser tan alta la intensidad lumínica no hicieron falta prácticas de seguimiento, y los tiempos de exposición necesarios fueron de 1/60 de segundo. La técnica al colodión mejoró la sensibilidad y la nitidez. A partir de 1857 se generalizará la aplicación en las cámaras de dispositivos de acompañamiento del movimiento de los cuerpos celestes, consiguiendo fotografías con gran detalle.

Durante este periodo, el astrónomo Lewis Rutherfurd (1816-1892) diseñó un telescopio refractor que permitía fotografiar en una determinada longitud de onda evitando aberraciones cromáticas en las lentes. Al mismo tiempo, se comenzará a utilizar en alguna toma la fotografía estereoscópica, con objeto de proporcionar una sensación tridimensional que, si bien utilizando un método distinto, aún se sigue empleando en la actualidad.



250. L. M. Rutherfurd P.F. Well. *Luna*, 1845



246-247-248. Fases de la luna por Galileo . J.A. Whipple, *Luna*, 1851. L. Rutherford, *Luna*. 1865 249. Foucault. *La primera fotografía del Sol*, 1845.

El uso de la espectroscopía, técnica que permite la separación y el estudio de las radiaciones monocromáticas que componen una onda electromagnética²⁸⁰ mediante espectroscopios y espectrógrafos, aportará datos de los cuerpos celestes como su temperatura, tamaño, color, composición química, etc.

La fotografía será una herramienta imprescindible para el astrónomo, ayudándole en la observación de numerosos fenómenos astronómicos y en la exploración del sistema solar y del universo. Es por ello que el medio experimentó un desarrollo notable para así adaptarse a las necesidades exigidas por la ciencia astronómica.

La placa de gelatino-bromuro, propuesta por Maddox en 1871, abrirá paso a la producción en serie de placas fotográficas con mayor sensibilidad y procesos de fácil manipulación, reemplazando definitivamente al colodión húmedo en 1882. El nuevo proceso reveló estrellas que otras técnicas no conseguían mostrar gracias a su mayor sensibilidad.

²⁸⁰ Lévy, Eli. *Diccionario Akal de física*. Ediciones Akal. Madrid. 1992. Pág. 309

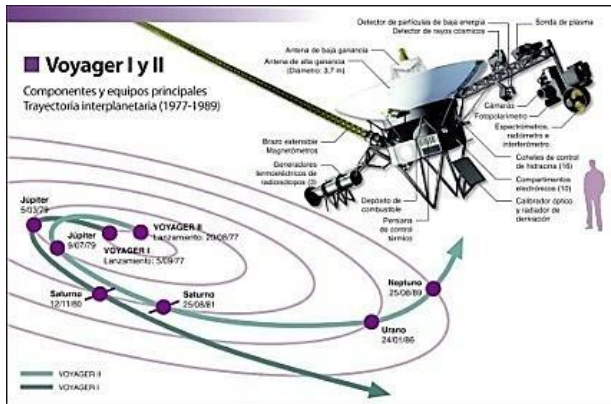
A partir de entonces, aparecerán telescopios astrográficos, donde el telescopio incorpora otro telescopio paralelo dedicado a la toma fotográfica²⁸¹, que se puede acoplar a los dos tipos de telescopios existentes: el de refracción, para estudiar el análisis espectral, las posiciones y las distancias de estrellas y planetas, y el de reflexión, que captura cuerpos de luz más débil.

6-3-3 SISTEMAS Y CÁMARAS DE LA VISIÓN EXPANDIDA

La fotografía ha evolucionado pareja al desarrollo científico. De los telescopios astrográficos se ha pasado a unas potentes máquinas fotográficas acopladas en extraordinarios telescopios terrestres y en órbita cerca de la Tierra, como el telescopio espacial Hubble, lanzado al espacio en 1990 por la NASA y la ESA (Agencia Espacial Europea), o el telescopio espacial Spitzer, lanzado en 2003 por la NASA.

Además, hay cámaras alojadas en los satélites que orbitan alrededor de la Tierra y en las sondas espaciales que viajan por el sistema solar, explorando los planetas y sus lunas o cruzando los límites de nuestro sistema para estudiar el cosmos, como las sondas Voyager I y II lanzadas en 1977 por la NASA y que en la actualidad están atravesando el segundo cinturón de asteroides. El primero (cinturón principal) separa los planetas rocosos de los gigantes gaseosos; el Cinturón de Kuiper (segundo) en dirección a la Nube de Oort, es la frontera del sistema solar y cuyos confines exteriores distan 1 año luz de la Tierra, unos 9'5 billones de kilómetros.

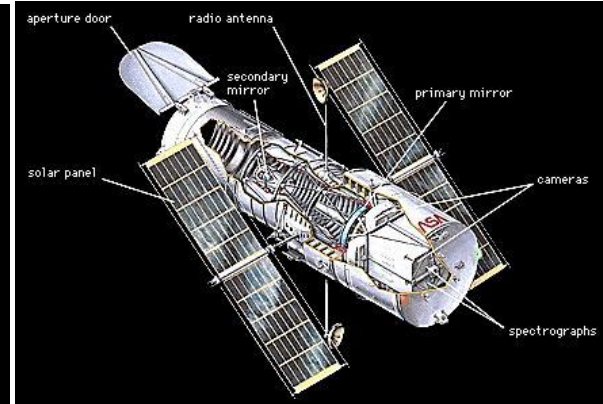
²⁸¹ Cuevas Martín, José. *Fotografía y conocimiento. La fotografía y ciencia. Desde los orígenes hasta 1927*. Editorial Complutense. Publicación electrónica. Madrid. 2007 www.editorialcomplutense.com. Pág. 137



251. Fotos reproducidas NASA. Voyager I y II



252. El telescopio espacial Hubble .NASA



253. Óptica del telescopio espacial Hubble

Los satélites y sondas espaciales actuales están equipados con los últimos dispositivos en sistemas de teledetección, permitiendo la observación a distancia y la obtención de imágenes de la superficie de los planetas desde los sensores instalados en su interior.

La teledetección de cualquier fenómeno precisa tres integrantes: una fuente energética de radiación electromagnética, la interacción de esta fuente con el objeto a estudiar y el sistema de detección que recibe radiación reflejada²⁸².

El sensor es uno de los principales componentes de un sistema de teledetección. Es una especie de cámara situada en el satélite o sonda espacial que captura, codifica y transmite las imágenes. Existen dos tipos de sensores:

I. Los sensores pasivos.

- a. Sensores fotográficos con diferentes películas fotoquímicas (pancromáticas, color, infrarroja e infrarroja color) se obtienen los datos desde plataformas aéreas tripuladas.

²⁸² Toda la información sobre teledetección es del libro de Pinilla, Carlos, *Elementos de teledetección*. Editorial RA-MA. Madrid 1995.

- b. Sensores óptico-electrónicos. Son cámaras digitales donde se combina la óptica fotográfica tradicional con un sistema de registro electrónico. Son los utilizados en satélites y sondas espaciales.
- II. Sensores activos. Emiten un tipo de radiación que se refleja en la superficie del planeta, capturando su reflejo, destacando el radar y el Lidar

El centro de recepción es otro de los elementos necesarios en un sistema de teledetección. La imagen capturada por los sensores es transmitida a la Tierra en forma de señal eléctrica, que es recogida por una antena receptora situada en el radio de acción del satélite; si no fuera así se enviaría a satélites intermediarios. En el centro de recepción se procesa y corrige la información, destacando los elementos de la imagen considerados relevantes. Las imágenes finales se distribuyen por medios telemáticos en formato digital a los centros de investigación interesados, permitiéndose la consulta y obtención en las páginas web pertinentes.

Las imágenes que llegan de las sondas se “construyen” en la Tierra, donde son montadas por científicos especialistas, que se encargan de ajustarlas a parámetros que destaquen sucesos de relevancia. Éstos añaden el color²⁸³, que intenta ajustarse a parámetros semejantes a la realidad. No obstante, en otras ocasiones, el color se saturará exagerándose por

²⁸³ La imagen en color es una combinación de tres imágenes tomadas en tres bandas espectrales distintas. En función de las bandas elegidas se obtienen imágenes en color natural o en falso color. Para el color natural se toman las tres imágenes en gris correspondientes a las bandas 3,2 y1 aplicando el color de la siguiente manera:
A cada pixel de la imagen obtenida a través de la banda 3 se le otorga el color Rojo (R) con una intensidad en función del tono de gris
A cada pixel de la imagen obtenida a través de la banda 2 se le otorga el color Verde (G) con una intensidad en función del tono de gris
A cada pixel de la imagen obtenida a través de la banda 1 se le otorga el color Azul (B) con una intensidad en función del tono de gris. Cada pixel de la imagen resultante tendrá un color que va a depender de la combinación de los tres anteriores, quedando definido por tres dígitos, tantos como colores empleados para generarlo. Las imágenes en falso color se realizan de manera similar pero otorgado los colores RGB a otras bandas con distintas longitudes de onda: 4, 5, 6, 7,... si la combinación fuese RGB = 4 3 2 sustituiremos los colores fundamentales por otros de longitud de onda más larga, es decir, una banda por la siguiente onda más larga: el rojo (R) por el infrarrojo próximo (IRP), el verde (G) por el rojo y el azul (B) por el verde. Las combinaciones posibles son muy variadas: RGB = 7 5 4, RGB = 7 4 2.... Información obtenerla de *Ciencias de la tierra y medioambientales*. Calvo, Diodora, Molina, Maria Teresa y Salvachúa, Joaquín. McGraw Hill. Madrid. 2007. Págs. 71-72

causas relacionadas con la investigación. Estos especialistas, asimismo, realizarán mosaicos y montajes ensamblando varias tomas, de un modo similar a los fotógrafos pictorialistas del siglo XIX y los fotomontajes dadaístas o constructivistas de los vanguardias, pero con el propósito de mostrar la realidad lo más objetiva posible. También limpiarán las señales debidas a ruidos producidos durante la toma o la transmisión para evitar errores.

“Las reglas para elaborar una imagen científicamente efectiva no son distintas de aquellas por las que se rige la elaboración de una imagen fotográfica para fines estéticos. La imagen requiere una gama tonal apropiada, que vaya desde el negro carbón al blanco nieve, y debe representar toda la gama cromática completa del espectro de la luz visible”²⁸⁴.

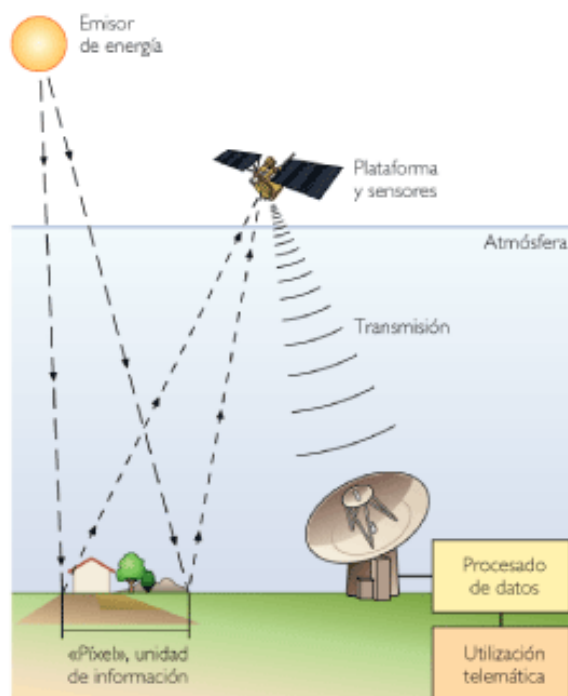
Sin embargo, desde que la huella física de la luz reflejada por el objeto era registrada por la emulsión fotosensible produciendo el *Index* “(representación por contigüidad física del signo con su referente)”²⁸⁵ ha sido sustituida por datos donde *“la base de datos se configura como el único material de referencia de la escena, constituyendo de lo que se dispone para realizar la representación de la misma. Podríamos decir que se trata de un indicio virtual no embutido en la emulsión fotográfica, sino almacenado en la memoria del ordenador”²⁸⁶*; la fotografía ya no es fotografía, ha transmutado en imagen numérica,

²⁸⁴ Villard, Ray. *El color natural del universo. El cosmos*. Editorial Paidós. Barcelona. 2005. Pág. 173

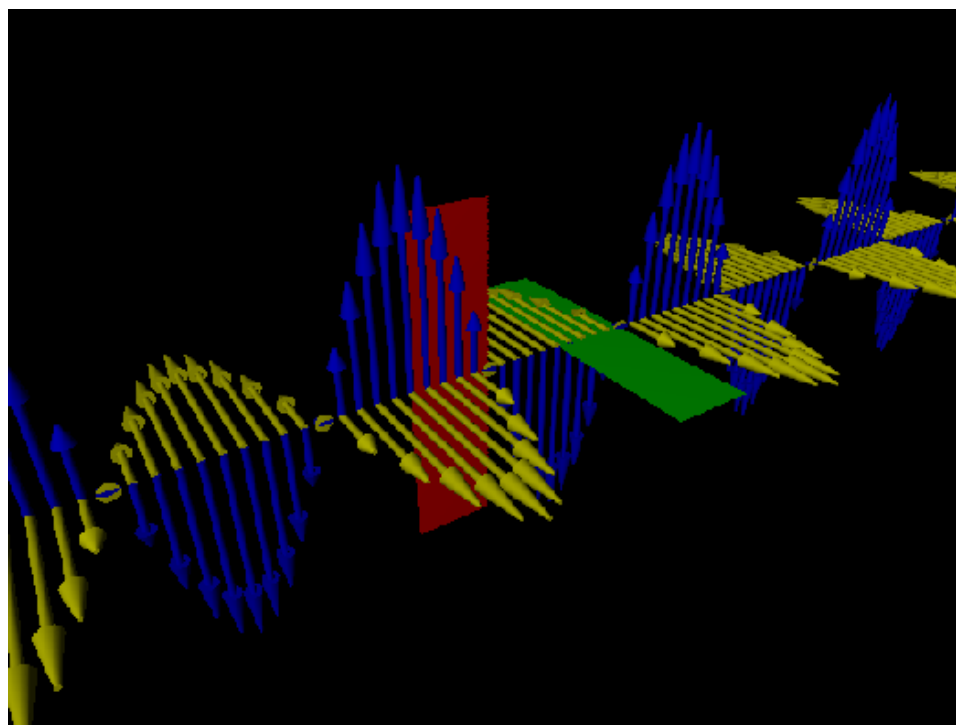
²⁸⁵ Dubois, Philippe. *El acto fotográfico*. Ediciones Paidós. Barcelona. 1994. Pág. 42

²⁸⁶ Santos, Manuel. *La crisis de la función de registro en la fotografía contemporánea* Tesis dirigida por el Dr. Luis Castelo. Facultad de Bellas Artes UCM. Madrid. 2009. Pág. 11

imagen digital, *imágenes-datum* o *imagen-arché*, tal y como propone inteligentemente en su magnífica tesis Manuel Santos²⁸⁷. En esta tesis yo me refiero a este tipo de imagen simplemente como imagen digital o imagen numérica, y contiene desde la toma realizada por una cámara digital a la imagen científica más compleja, siempre y cuando la información de la que partimos para su producción final sea una señal digital (ver punto de la tesis 6.3.5).



254. Elementos de la teledetección



255. Onda transversal electromagnética

²⁸⁷ “El Index ha sido sustituido por el *tābūlārīum* latino, el Índice por la Tabla de datos, por el Datum o archivo de datos. El Index latino no sirve para la complejidad de la imagen-datum y por ello propongo un nombre que destaque este cambio ontológico fundamental, que subraye cómo la postfotografía nace de la expresión visual de un conjunto de datos. Por ello, sugiero que podría usarse la expresión imagen-arché, de la palabra griega *αρχαία* (archeia), origen de nuestro vocablo archivo. Pero curiosamente la palabra latina index significa también resumen, el resumen de un libro que se colocaba al principio del rollo de pergamino. En fotografía de exploración hemos pasado de registrar sus características indiciales externas, el resumen de su aspecto exterior, a recopilar el máximo de datos sobre la escena; pasando de recoger el resumen (index) al archivo (arché)”. Santos, Manuel. Op. Cit. Pág 12

6-3-4 EL ATRACTIVO ESTÉTICO DE LA SUPERFICIE PLANETARIA.

Los criterios estéticos siempre son secundarios, aunque algunas de estas fotografías ejercen una gran atracción en el especialista: “Una línea en el rojo era de tal belleza que tuve que hacer un verdadero esfuerzo para poner mi atención en otra cosa”²⁸⁸. También en el neófito, que aun sin entender bien lo que se está representando es cautivado por las formas y colores que emergen de este tipo de imágenes.

Son imágenes con una función específica en su contexto de estudio e investigación; ahora bien, fuera de este contexto, se pueden apreciar elementos gráficos que crean unas interesantes y sugestivas composiciones con un valor estético evidente. A este supuesto hay que añadir su incursión en un género pictórico y fotográfico como es el paisajístico; estas imágenes, pertenecientes a una visión expandida, muestran en último término paisajes. Paisajes desde un punto de vista cenital, pero paisajes al fin y al cabo; no sólo de la Tierra sino también de Mercurio, Venus, Marte, Saturno, Júpiter, Plutón, Urano, Neptuno, Encelado, Mimas, Tetis, Titán, Io, Europa, La Luna, Calisto, Rea,... Unos mundos que jamás se habían visualizado de esta manera, permitiendo observar su atmósfera, su geología, su geomorfología, su topografía, su geografía o su paisaje, y desde tan cerca que es realmente asombroso. El sistema solar a nuestro alcance para observarlo, examinarlo, investigarlo, inspirándonos como siempre inspiró a poetas, músicos, filósofos, científicos, escritores o artistas.

²⁸⁸ *The Indian Total eclipse*. Nature. Editorial March 24, 1870. Pág. 537. Citado por Cuevas Martín, José. *Fotografía y conocimiento. La fotografía y ciencia. Desde los orígenes hasta 1927*. Editorial Complutense. Publicación electrónica. Madrid. 2007 www.editorialcomplutense.com. Pág. 133.



256. Selección de imágenes topográficas de diferentes planetas y lunas del Sistema Solar obtenidas de distintas sondas y satélites. Fuentes NASA. ESA.

La observación de los cuerpos celestes y del universo se remonta a nuestros ancestros, si bien las posibilidades de contemplarlos tan de cerca eran impensables, por lo que se especulaba continuamente sobre lo que en éstos habría.

Aristóteles pensaba que la Luna era una esfera perfecta, sin relieve, y sus manchas oscuras eran reflejos de la Tierra. El telescopio de Galileo descubrió que esas manchas oscuras eran las sombras de sus montañas.

En el siglo XIX se publicaron artículos en prensa que atribuían al astrónomo británico John Herschel observaciones realizadas con un potente telescopio; *“se decía que tenía una potencia de aumento que permitía observar los más pequeños objetos”*²⁸⁹, donde se apreciaban formas de vida vegetal y animal, bosques extensos, grandes océanos, volcanes activos e incluso pirámides de amatistas del color del vino. *“Finalmente, descubierta en una región bastante fértil, habitaba una raza de humanoides similares a murciélagos que median más de un metro de altura, con pelo cobrizo y alas membranosas”*²⁹⁰. Esta

²⁸⁹ *La Luna fotografiada*. Phillips, Christopher. En *Cosmos. Del romanticismo a la vanguardia 1801-2001*. Jean Clair. Centro de cultura contemporánea de Barcelona 1999. Pág. 126.

²⁹⁰ *Op.cit.*126.

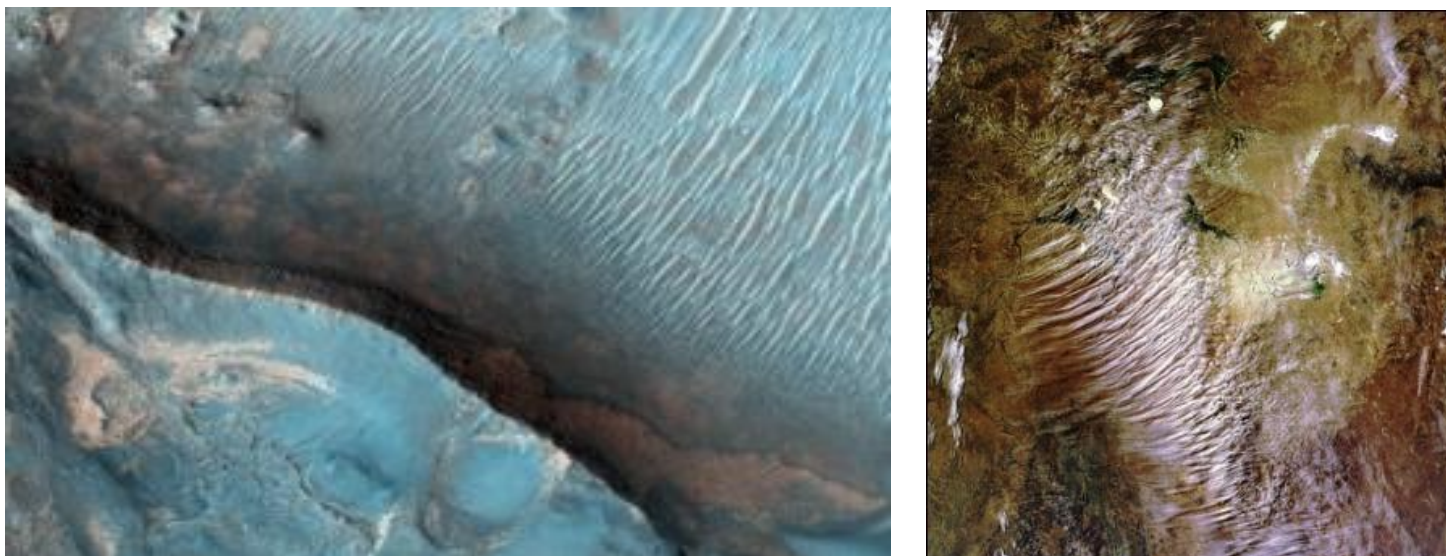
confusión e invención resultó divertida para Herschel. Sin embargo, se puede apreciar en ella la enorme curiosidad por saber lo que nuestro satélite ocultaba, excitando la imaginación y produciendo ensoñaciones y espejismos sorprendentes.

Buzz Aldrin, la segunda persona en pisar la Luna en la misión del Apolo 11, al contemplarla de cerca describió el paisaje lunar como “*una magnífica desolación*”²⁹¹; una extraordinaria desolación que podemos apreciar en las numerosas fotografías e imágenes de la superficie lunar que actualmente tenemos a nuestra disposición. Una desolación que se extiende a todos los planetas rocosos y lunas del sistema solar; únicamente en la Tierra existen majestuosos océanos y extensos bosques, vida animal, vegetal y seres humanos que exploran incansablemente lo que tienen a su alrededor, descubriendo estos nuevos mundos y asombrándose con ellos.

Esa desolación es un reflejo del sentimiento de ansiedad, desesperación, soledad y desamparo que se desarrolló e instaló en Europa a partir de la II Guerra Mundial. La devastación y ruina a causa de la contienda llevó a los pocos artistas que subsistieron en Europa a la búsqueda de un arte que comenzara de cero; de nuevo el grado cero de la pintura, pero esta vez desvinculándose totalmente de un desarrollo tecnológico y científico que había mostrado su aspecto más monstruoso y violento: la industrialización de la muerte en las cámaras de gas de los campos de concentración, los millones de bombas caídas desde los modernos aviones bombarderos en las ciudades, un armamento más sofisticado para matar de manera más eficiente y como apocalíptico final la expresión más terrorífica de la energía atómica presentada en dos bombas nucleares, *Little Boy* y *Fat Man*, que no sobrepasaban las cinco toneladas pero con un poder de destrucción colosal.

²⁹¹ Phillips, Christopher .*Op.cit* 130

Después de la guerra, la devastación indujo a los artistas a comenzar desde la nada para llegar a la materialidad como esencia misma del arte, mostrando la materia de la forma más descarnada y lacerada; la obra artística como objeto fracturado, desgarrado, traumatizado y degradado, alcanzando la abstracción matérica en la cual la superficie del lienzo aparece dominada por diversos materiales manipulados y mezclados por el artista dando como resultado “*una magnífica desolación*”.



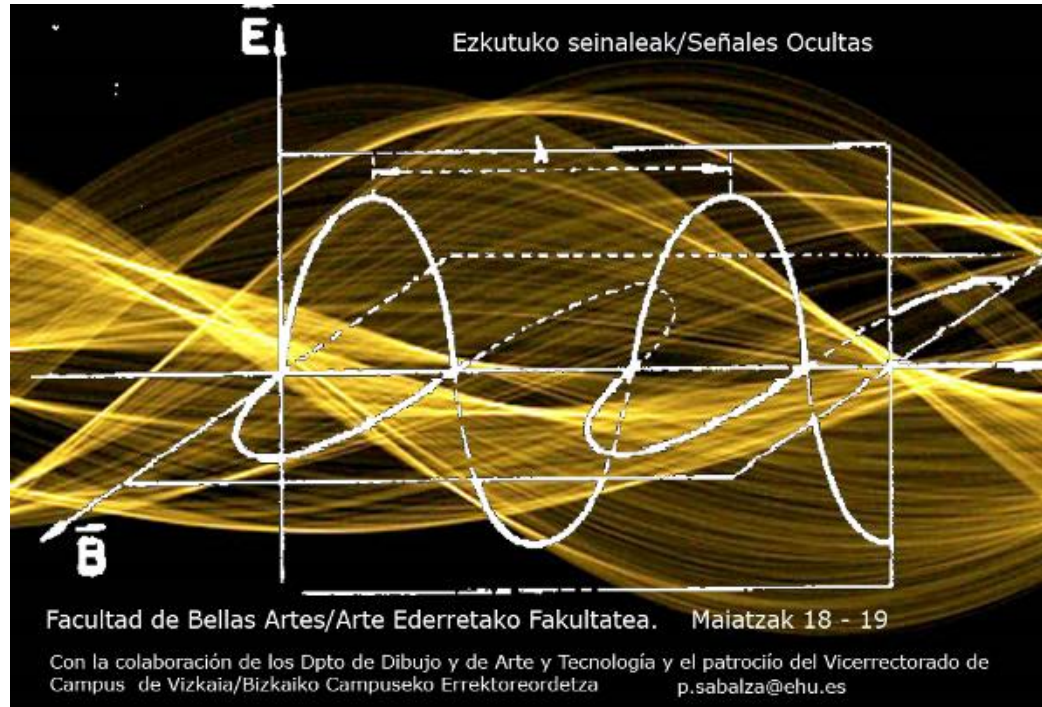
257. Imágenes topográficas de diferentes planetas y lunas del Sistema Solar obtenidas de distintas sondas y satélites. Fuentes NASA. ESA

6-3-5 LA DESMATERIALIZACIÓN DE LA IMAGEN. *DESINTEGRATION*²⁹²

Estas exploraciones se pueden realizar gracias a esas sondas viajeras que, a través del espacio y del tiempo, envían periódicamente imágenes a la Tierra, unas imágenes que son capturadas por los sensores electrónicos de sus cámaras produciendo una señal eléctrica que es enviada a la tierra en forma de onda electromagnética. Una señal que es una

²⁹² *Disintegration*. The Cure. Discográficas: Fiction Reino Unido, Elektra Estados Unidos. 1989.

representación de la imagen obtenida por el sensor de imagen, ya que en la conversión analógico–digital cualquier analogía con el objeto real desaparece al muestrear, cuantificar y codificar la señal analógica recogida por el sensor, para, seguidamente modularla²⁹³ y enviarla a través del espacio hacia la Tierra (apéndice 10 puntos 10.2.1 y 10.2.2).

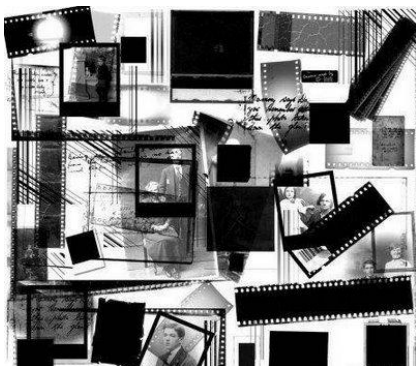


258. Onda transversal electromagnética

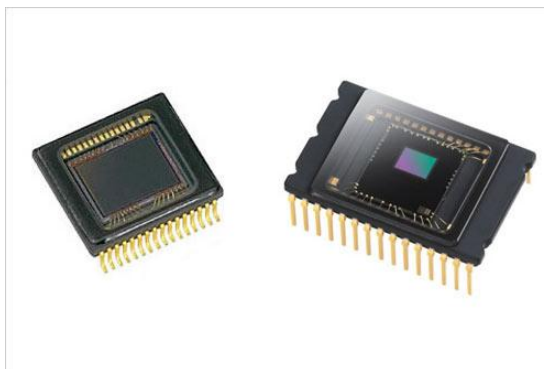
La fotografía tradicional o fotoquímica producía una huella en la emulsión en forma de valores lumínicos análoga a la intensidad de luz que recibía, formándose un negativo fotográfico. En este caso, las fotografías tenían que recuperarse cuando

²⁹³ El proceso de modulación consiste en adecuar una señal con datos a un medio para su transmisión o envío; para ello se combina la señal que tiene los datos (moduladora) con otra que la adapta al medio de transmisión (portadora), obteniéndose la señal modulada que es adecuada para poder ser transmitida por un medio que en un principio no había posibilidad de utilizar.

el satélite volviese a la Tierra; sin embargo, la imagen electrónica recogida por antiguos tubos captadores de imagen o tubos fotoconductores y modernos sensores CCD (dispositivos de acoplamiento de cargas) captura las diferentes luminosidades que se convertirán en una señal eléctrica con distintos voltajes²⁹⁴. Esta señal eléctrica analógica será digitalizada para ser procesada y transmitida.



259. Negativos fotográficos



260.CCD vs CMOS



261.Tubo de rayos catódicos

La imagen, que en un principio es una señal eléctrica analógica con distintos valores de voltaje, se transformará, al ser digitalizada, en una señal compuesta de ceros y unos, nivel alto y nivel bajo, que se alternan en momentos predeterminados.

Claude Shannon (1916-2001), matemático e ingeniero americano, propuso combinar el álgebra de Boole²⁹⁵ con los circuitos eléctricos de conmutación de la época, ya que “un conmutador cerrado es como una proposición verdadera en lógica y

²⁹⁴ Los sensores contienen pequeños elementos fotosensibles que forman una retícula o matriz. Al llegar la luz a cada uno de estos pequeños dispositivos semiconductores variará su carga eléctrica proporcionalmente a la intensidad lumínica; a mayor luz mayor carga eléctrica, formando una señal con distintos valores de voltaje eléctrico.

²⁹⁵ George Boole (1815 -1864) desarrolló a mediados del siglo XIX el álgebra de Boole cuyos fundamentos reducían el razonamiento lógico a reglas de cálculo. De igual manera que el álgebra convencional define una serie de símbolos para representar objetos y fenómenos que dan lugar a expresiones matemáticas complejas, denominadas funciones, que son gobernadas por leyes y relaciones entre ellas (postulados teoremas, enunciados...), el álgebra de Boole tiene la misma base con sus propias leyes.

un conmutador abierto, como una proposición falsa”²⁹⁶, y dado que “*los conmutadores constituyen la base tanto del direccionamiento como del almacenamiento de la información [...], el álgebra booleana sería aplicable al modo en que se puede conmutar una red para interconectar comunicadores y los conmutadores podrían ser organizados de forma que almacenasen mensajes*”²⁹⁷. Actualmente, el diseño y análisis para desarrollar los modernos computadores, dentro de los cuales se producen miles de millones de conmutaciones, tiene como base fundamental el álgebra de Boole.

¿Es posible reducir las operaciones mentales a un mero cálculo? En el año 1847 George Boole (1779-1848) escribió un artículo titulado *Análisis matemático de la lógica*. Posteriormente publicaría *Investigación sobre las leyes del pensamiento*. En estas dos obras muestra la disposición para abordar con adecuado simbolismo la verdad o el error del razonamiento:

“El propósito del siguiente tratado es investigar las leyes fundamentales de aquellas operaciones de la mente mediante las cuales se lleva a cabo el razonamiento; expresarlas en el lenguaje simbólico de un cálculo, y establecer sobre esta base la ciencia de la Lógica y construir su método; hacer de dicho método la base de un método general que permita la aplicación de la doctrina matemática de las probabilidades; y, finalmente, reducir a partir de los varios elementos de la verdad

Mientras que el álgebra convencional opera con relaciones aritméticas, el álgebra de Boole lo hace con relaciones lógicas. Las variables utilizadas en el álgebra de Boole sólo pueden tomar dos valores distintos: verdadero o falso que se representan simbólicamente por los símbolos 1 y 0. Expresan estados de las variables (en este caso binarias) en lugar de cantidades y dan lugar al sistema de numeración binario que es el soporte matemático ideal para el diseño y análisis de los circuitos electrónicos digitales actuales, tal y como pronosticó Shannon, ya que los componentes electrónicos básicos, tales como los diodos o transistores, y en consecuencia los circuitos integrados, presentan dos estados estables de funcionamiento al pasar o no pasar intensidad de corriente eléctrica a través de ellos

²⁹⁶ Aleksander, Igor. *Comprender la información, bit a bit. Las ecuaciones de Shannon*. En *Formulas elegantes*. Graham Farmelo (editor). Tusquets editores. Metatemas. Barcelona. 2004. Pág 197

²⁹⁷ Graham Farmelo. *Op Cit*. Pág. 196-197

*explicitados en el curso de estas investigaciones algunas indicaciones probables referentes a la naturaleza y la constitución de la mente humana.*²⁹⁸

Boole pasó de resolver ecuaciones por el método de la restauración y oposición a operar con objetos de pensamiento tan abstractos como los propios conceptos. El desarrollo de nuevas formas algebraicas permitirá convertir el proceso de pensamiento en un cálculo, y de ese modo comprobar su validez, colocando los cimientos de la máquina lógica²⁹⁹.

La exploración de la base lógica de las matemáticas la llevaron a cabo Bertrand Russell (1872-1970) y Alfred North Whitehead (1861-1947), a principios del siglo XX. Los dos matemáticos (aunque Russell también estudió con profundidad filosofía) cooperaron durante varios años llegando a descubrir que gran parte de las matemáticas, si no todas, podía derivarse de una serie de axiomas relacionados entre sí mediante la lógica. Sus estudios servirían de inspiración a Alan Turing (1912-1954).

Durante la II Guerra Mundial, el ejército alemán contaba con una sencilla máquina que creaba unos códigos prácticamente indescifrables. El mensaje se enviaba en alemán después de asignar una clave especial a una de las agujas con las que contaba el ingenio. Posteriormente, una serie de brazos rotores se encargaba de cifrar el mensaje y darle la forma en

²⁹⁸ Boole, George: *Investigación sobre las leyes del pensamiento*, Paraninfo, Madrid, 1982.

²⁹⁹ El álgebra de Boole es un álgebra binaria que opera en el dominio de las proposiciones. Una proposición puede adoptar únicamente dos valores: sí/no, cierto/falso, alto/bajo, 1/0, sin posibilidad de valores intermedios.

En el álgebra de Boole, el 1 significa cierto, mientras que el 0 equivale a falso. Al igual que los números, las proposiciones pueden combinarse entre sí mediante operadores lógicos. Así, utilizando el operador NOT, si la proposición La bombilla está encendida es cierta, su negación, La bombilla está apagada, será falsa. En cambio, si se combina La bombilla está encendida con La bombilla es de 60 vatios, mediante el operador OR, el resultado es cierto si una de las dos proposiciones o ambas son ciertas.

Cada función booleana se representa mediante unos símbolos y lógicas de entrada y salida que, al combinarse, dan lugar a otras funciones, llamadas puertas lógicas. Éstas son los pilares básicos de cualquier circuito digital y de computación.

que sería enviado. El destinatario del mensaje lo recibía a través de una máquina similar que, si tenía la misma clave asignada, lo descodificaba de forma automática. Cada uno de los operadores de estas máquinas poseía un manual en el que se indicaba cuál era la clave correspondiente a cada día. Los rotores permitían billones de permutaciones. La clave se cambiaba tres veces al día y los alemanes transmitían miles de mensajes en un período de veinticuatro horas, estas circunstancias ponían al ejército británico en una situación de desventaja obligándole a enfrentarse con una labor aparentemente imposible.

Alan Turing era un brillante matemático que aspiraba a llevar las matemáticas más allá de donde las había dejado Gödel, para lo cual se planteó el problema de definir la naturaleza de un número computable y averiguar cómo era posible calcularlo. Para Turing, el cálculo era algo tan lógico, tan directo e independiente de la psicología, que podía llevarlo a cabo incluso una máquina. Esta hipótesis le llevó a realizar una descripción teórica de una máquina capaz de hallar el número de factores de una integral, es decir, la cantidad de números primos por la que puede dividirse. Posteriormente supuso que podría inventarse una máquina que podría seguir las normas del ajedrez, para pasar a lo que llamaría máquina universal, un instrumento capaz de realizar cualquier tipo de cálculo. Esta idea de máquina constituyó un precursor de carácter teórico de los ordenadores.

Turing llegó en 1939 a la Escuela Gubernamental de Códigos y Cifras de Bletchley Park con la misión de analizar, junto con otros matemáticos, miles de mensajes interceptados en busca de alguna irregularidad para intentar descifrarlos. Se dio cuenta de que, al menos en teoría, este trabajo podría llevarlo a cabo una máquina como la diseñada por él, denominada máquina de Turing. Se trataba de un dispositivo electromagnético capaz de hacer cálculos a gran velocidad para introducir mensajes cifrados por el Enigma. Esta máquina sería el precursor del ordenador digital electromagnético.

Las imágenes enviadas a la Tierra por satélites y sondas espaciales son señales completamente artificiales que en nada se parece a la realidad capturada, convirtiéndose en lenguaje algebraico y desmaterializándose para poder ser enviada; la imagen es ahora una señal electromagnética que atraviesa el espacio a la velocidad de la luz compuesta tan sólo por partículas fundamentales³⁰⁰. Completamente desmaterializada llega a las antenas receptoras terrestres para ser construida y convertida en una imagen que muestra una realidad muy lejana. Transformar la información en una señal para poder ser enviada a través del espacio y el tiempo es, a grandes rasgos, codificar esa información para su telecomunicación, *“término relativo a la emisión y/o recepción a distancias de sonido, texto datos o imágenes por hilos metálicos, radio, fibra óptica, microondas, satélites, etc.”*³⁰¹. Al llegar a su destino esta información será decodificada para poder analizar la información que transmite.

*“Una característica común a todos los sistemas de transmisión de mensajes hoy en día es que la información digital se envía de una manera codificada, es decir, cada elemento se representa siempre de igual manera y con la misma duración dependiendo del código elegido”*³⁰².

Nuestra época, donde toda señal es digitalizada por su eficiencia en el manejo y transporte, utiliza el modelo de Shannon: fuente, codificador, canal, decodificador, destino; Baudrillard expone que la simulación que interpreta la época actual

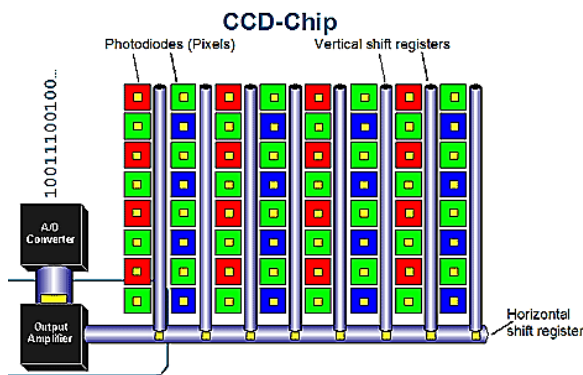
³⁰⁰ Shannon formula dos ecuaciones que constituyen la base de la teoría de la información. Una para cuantificar la información contenida en un mensaje dado y otra para indicar la calidad de un medio de transmisión en función del ancho de banda y de la relación señal/ruido “la formulación de Shannon demuestra que la información responde a las mismas leyes que gobiernan la física, la termodinámica y la química física y que son bien conocidas por los matemáticos. La teoría de la información era un área científica de la que sólo los diseñadores de equipos electrónicos tenían noción –y era una noción muy vaga– antes de 1950. Shannon hizo ver que se trata de una materia tan importante como puedan ser las partículas elementales y que posee unas leyes equivalentes a las que gobiernan a esas partículas”. En Aleksander, Igor. *Comprender la información, bit a bit. Las ecuaciones de Shannon*. En *Formulas elegantes*. Graham Farmelo (editor). Tusquets editores. Metatemas. Barcelona. 2004. Pág 210 -211.

³⁰¹ Huidobro. José M. *Manual de telecomunicaciones*. Editorial Ra-Ma. Madrid 2004. Pág 1.

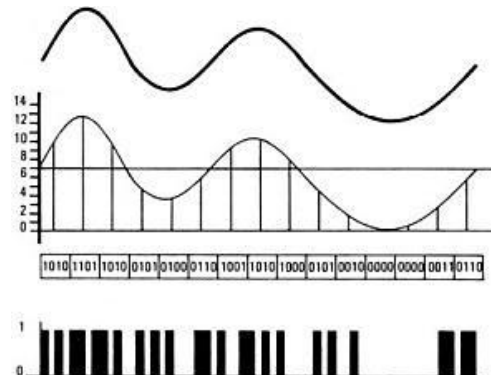
³⁰² Huidobro. José M. *Op. Cit.* Pág 27.

está regida por un código y además *“el objeto científico en sí se ha vuelto aleatorio y caótico. En la microciencia, el objeto científico no es la naturaleza, sino su imagen de ordenador. Las partículas sólo existen por las huellas que dejan en la pantalla. De hecho, los científicos ya no estudian la realidad, sino la representación iconográfica de esa realidad.”*³⁰³

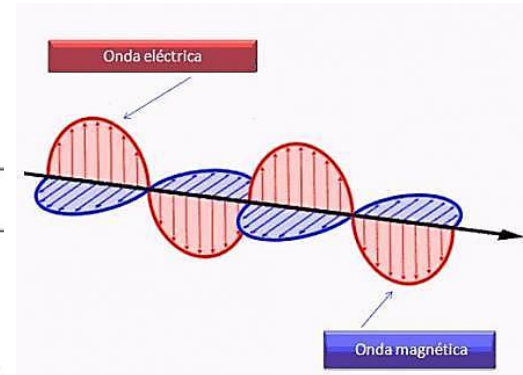
La diferencia entre realidad y representación desaparece durante el proceso de digitalización para surgir el simulacro, lo reproducido comienza a ocupar el lugar de la realidad llegando incluso a reemplazarla como hiperrealidad.



262. Funcionamiento del CCD.



263. Conversión analógico-digital



264. Señal electromagnética enviada

El termino desmaterialización fue utilizado por Lucy R. Lippard (1937-) en su libro *Six years: The dematerialization of the art object from 1966 to 1972* para analizar *“una amplia gama de fenómenos a lo largo de un determinado periodo de tiempo”*³⁰⁴, coincidente con lo que se vino a denominar arte conceptual, donde según Lucy R. Lippard sucedió *“un proceso de desmaterialización o una retirada del énfasis sobre los aspectos materiales”*³⁰⁵. En un artículo escrito junto a John Chandler

³⁰³ Entrevista realizada por Jorge Alcalde a Jean Baudrillard Octubre 1995. Publicada en <http://www.muyinteresante.es/jean-baudrillard> [30-01-09]

³⁰⁴ Lippard, Lucy R. Seis años: *La desmaterialización del objeto artístico de 1966 a 1972*. Editorial Akal. Madrid 2004 Pág. 33.

³⁰⁵ Lippard, Lucy R *Op.Cit* Pág. 33.

para la revista Art International titulado *The dematerialization of the art*, Lucy R. Lippard hace referencia al libro *The mathematical basis of arts*, escrito por el músico y teórico Joseph Schillinger (1895-1943), destacando la propuesta desarrollada por Schillinger acerca de cinco períodos artísticos a lo largo de la historia del arte, alejándose de las propuestas desarrolladas por los historiadores del arte. El quinto periodo, en el cual nos encontraríamos, propone una etapa científica que llevará finalmente a la desintegración del arte y a una "abstracción y liberación de la idea"³⁰⁶, para, posteriormente comentar que las artes visuales planean

“sobre un cruce de caminos que muy bien podría resultar ser dos caminos que llevan al mismo sitio, aunque parece que tienen dos orígenes diferentes: el arte como idea y el arte como acción. En el primer caso niega la materia, puesto que la sensación se ha convertido en una idea; en el segundo caso, la materia se ha convertido en energía y movimiento en el tiempo”³⁰⁷.

En 1970 el Museum of Modern Art (MOMA) de Nueva York organiza una exposición que gira en torno a los sistemas y la teoría de la información denominada *Information*, intentando posicionarse dentro del discurso artístico del momento y donde “el arte conceptual se presentaba así como un arte liberado de la forma física y de la materia”³⁰⁸, convirtiéndose “en una exposición sobre-el-estado-del-arte diferente a todo lo que hasta el momento había intentado esa prudente y normalmente poco aventurera

³⁰⁶ Lippard, Lucy R, John Chandler. *The dematerialization of the art*. Art International. Feb. 1968. Págs. 31-36 citado en Lippard, Lucy R. *Seis años: La desmaterialización del objeto artístico de 1966 a 1972*. Editorial Akal. Madrid 2004.

³⁰⁷ Lippard, Lucy R *Op*. Cit pág. 81.

³⁰⁸ Guasch, Anna María. *El arte del siglo XX en sus exposiciones 1945-2007*. Ediciones del Serbal. Barcelona 2009. Pág. 211.

*institución*³⁰⁹. Las imágenes allí expuestas se salían del canon artístico tradicional, abarcando diversas disciplinas que iban desde la informática a la antropología sin ningún tipo de pretensión artística.

En la actualidad, el teórico José Luis Brea (1957-2010) ha escrito varios libros y artículos acerca de cómo el desarrollo tecnológico ha afectado y está afectando al arte, en concreto a la imagen, llegando a categorizar tres eras de la imagen: *imagen-materia, film y e-imagen*. La *imagen-materia* es "*la imagen producida como inscrita en su soporte, soldada a él, indisolublemente apegada a su forma materializada; bajo este régimen técnico la imagen tiene que ocurrir sustanciada en objeto- cuadro, grabado, dibujo, bajorrelieve, escultura- del que resulta inseparable, en el que se incrusta , sin el cual no puede darse*"³¹⁰.

El *film* pertenecería a una época posterior, industrial, donde la imagen se obtendría gracias a las maquinas, fotográficas y cinematográficas; "*el mundo que van a habitar –materialmente, quiero decir–las imágenes, tiene ahora el grosor de una fina película, casi invisible, casi inexistente*"³¹¹. En esa fina capa de gelatina, denominada emulsión, se han introducido cristales microscópicos de haluro de plata, llamados granos, que al absorber cuantos de luz con una energía $h \times \nu$ liberan electrones³¹². Estos, al combinarse con iones de plata, generan átomos de plata, formando una imagen invisible al ojo denominada *imagen latente*, que al ser tratada por una solución reveladora amplifica el efecto de la luz, descubriendo así la imagen. La pequeña cantidad de materia suspendida en la emulsión es transformada por la energía de la luz oscureciéndola; el proceso continúa

³⁰⁹ Guasch, Anna María. *Op.Cit.* Pag. 24

³¹⁰ Brea, Jose Luis. *Las tres eras de la imagen. Imagen-materia, film y e-imagen*. Akal/ estudios visuales Madrid 2010 .Pág. 11.

³¹¹ Brea, Jose Luis *Op. Cit.* Pág. 39.

³¹² Es necesaria una absorción de energía superior a 2,5 eV para poder elevar un electrón del estado de valencia al de conducción donde el electrón contribuirá a la formación de la imagen latente.

desarrollándose en la materia. Sin embargo, ha irrumpido en lo más profundo, llegando a su configuración atómica. Los granos de plata, uniformemente distribuidos en una solución gelatinosa que permite la penetración de los agentes reveladores, son la materia esencial de la emulsión que se aplicará sobre un soporte o base que puede ser de celulosa, papel o vidrio, en el caso de las antiguas placas de vidrio, configurándose así un material fotosensible.

El tercer tipo de imagen propuesto por Brea es la *e-imagen*, las cuales “*son espectros, puros espectros, ajenos a todo principio de realidad*”³¹³; estas imágenes electrónicas o imágenes digitales se obtienen de diversas maneras mediante dispositivos electrónicos. La más extendida en la actualidad es a través de cámaras digitales que utilizan los mismos medios de control de la luz que las antiguas cámaras fotográficas, pero en lugar de un soporte fotoquímico, denominado negativo fotográfico, utilizan para capturar la imagen diversos tipos de sensores electrónicos. Los más comunes son los sensores CCD y CMOS que se pueden considerar como una matriz formada por diminutos sensores fotoeléctricos que se asocian a unos canales de transferencia, que son los encargados de desplazar las cargas producidas por los fotones al incidir en el sustrato de silicio que contiene cada uno de los microsensors fotoeléctricos, originándose una forma ordenada de señales eléctricas analógicas. Cada microsensor producirá una carga proporcional a la intensidad luminosa recibida. Esta señal analógica, debida al efecto fotoeléctrico³¹⁴ producido en el sensor, es el resultado de la transformación de la energía lumínica en energía eléctrica

³¹³ Brea, Jose Luis. *Las tres eras de la imagen. Imagen-materia, film y e-imagen*. Akal/ Estudios Visuales Madrid 2010 Pág. 67.

³¹⁴ La explicación del efecto fotoeléctrico la realizó Albert Einstein en 1905 y por ello le fue otorgado el Nobel de Física en 1921. Cuando la luz incide sobre una superficie metálica la energía asociada a los fotones de la luz posibilita la emisión de electrones del metal. Este efecto producido dentro de un dispositivo como puede ser un sensor fotoeléctrico da como resultado una corriente eléctrica o una diferencia de potencial, en función del tipo de sensor utilizado CCD o CMOS.

La proposición de Einstein para demostrar el efecto fotoeléctrico y con ello la existencia del cuanto de luz sería así de sencilla: un cuanto de luz que penetra en una superficie metálica transmite, total o parcialmente, su energía hf a un electrón; el electrón adquiere entonces una energía cinética, que es máxima si el cuanto de luz le

al interactuar luz y materia y transferir los fotones energía a los electrones del material semiconductor (apéndice 10 punto 10.3.2).

La materia ahora es energía, tal y como propone la actual ley sobre equivalencia entre materia y energía, que “nos conduce a la famosa ecuación de Einstein que implica la posibilidad de crear materia a partir de energía y viceversa”³¹⁵. La señal eléctrica analógica se convertirá en digital para su almacenamiento, transmisión y posterior edición. La imagen como analogía de la escena tomada de la realidad no existe; en su lugar aparece una señal digital con niveles de energía, nivel alto-nivel bajo, 1-0, información codificada en forma de bits. El soporte físico de la imagen es pura energía, con la consiguiente desmaterialización de la imagen resultante. Estas imágenes “ahora no dependen para existir en el mundo de cristalizar materializadas en soportes estables, sino que flotan fantasmizadas en el que es ahora su nuevo escenario de habitación natural, las pantallas”³¹⁶.

transfiere la totalidad de su energía. La energía máxima de los electrones emitidos se obtiene sustrayendo de hf el trabajo (T) necesario para extraer el electrón de la superficie metálica. Esta ley de Einstein para describir el efecto fotoeléctrico es tan sencilla que se resume en la siguiente ecuación: $E_{\text{maxima}} = h \times f - T$ ⁴⁰

³¹⁵ VV. AA. *El legado filosófico y científico del siglo XX. Mecánica cuántica*. García Alcaine, Guillermo. Ediciones Cátedra .Grupo Anaya Madrid 2007. Pág 754.

Hacia tiempo que se sabía que la energía ni se crea ni se destruye, sino que se transforma. La novedad, consecuencia de la teoría especial de la relatividad de Einstein, amplía este concepto. Una cantidad de energía no sólo puede cambiar de forma (cinética, potencial, química, eléctrica,...) la energía y la materia son cantidades intercambiables y la ecuación $E = m \cdot c^2$ no es más que la relación de equivalencia. Esto significa que se puede liberar una cantidad enorme de energía a partir de una pequeña cantidad de materia.

³¹⁶ Brea, José Luis. *Un arte sin materia, sin espacio y sin tiempo*. En el diario El País. Babelia 21-10-2006

Fontcuberta, en una reflexión sobre la imagen digital, argumenta: “Sostienen los expertos que técnicamente no se puede separar de forma radical la tecnología microelectrónica de la fotoquímica pues en los captores sensibles de las cámaras digitales se produce un fenómeno parecido al de la imagen latente: en los cristales de silicio hace falta también que la luz produzca unas partículas de impureza apenas perceptibles para permitir lo que se conoce como desarrollo epitaxial”. En Fontcuberta, Joan. La cámara de Pandora. Editorial Gustavo Gili. Barcelona. 2010. Pág 39.

Epitaxia es un término que se da al crecimiento orientado de dos especies cristalinas distintas. La tecnología epitaxial se utiliza en la fabricación de componentes electrónicos semiconductores: diodos, transistores y circuitos integrados monolíticos, consiguiendo elevada densidad de componentes, miniaturización y fiabilidad. “En el aspecto tecnológico la Epitaxia consiste en hacer que en la superficie de un disco monocristalino de un semiconductor calentado a una determinada temperatura, crezca una tenue capa del mismo semiconductor (en cuanto a semejanza de red cristalina). Mientras la capa depositada se conserva delgada frente al espesor del soporte, no queda modificada la orientación del monocristal”. En Álvarez Santos, Ramiro. Materiales y componentes electrónicos. Editesa. Madrid 1979. Pág 373.

En el caso de las imágenes enviadas a través del espacio existe una clara desmaterialización física de la imagen, que convertida en una forma de onda electromagnética y energía recorre el espacio hasta un receptor terrestre (apéndice 10 punto 10.2.2), donde se materializa en una imagen digital que tiene una pantalla como espacio natural y puede ser ampliada a un determinado tamaño para convertirse en elemento de estudio, investigación o ¿no podría también materializarse en un soporte tradicional y presentarse como objeto artístico?; ¿y si en un *impulso duchampiano* la imagen se aparta de su contexto original y aparece en el artístico?. Una imagen o toma fotográfica que una vez ejecutada por un robot se ha desmaterializado para recorrer millones de kilómetros, siendo realizada por una cámara sin previa manipulación en la toma y procesada, en el centro de investigación, por un científico especialista, de la manera más objetiva posible, sin ninguna pretensión estética, ¿no se acercaría a los planteamientos actuales del movimiento de la Nueva Objetividad con posturas conceptuales? Como se analizará más adelante, el fotógrafo alemán Thomas Ruff ya ha planteado esta cuestión presentando sus series *Cassini* (2008) y *Ma.r.s* (2012), pero sin argumentar planteamientos conceptuales como los aquí expuestos.

6-3-6 OBJETIVIDAD Y ARCHIVO.DISCIPLINE³¹⁷

La *Nueva Objetividad* alemana aparecerá en Europa durante el periodo de entreguerras. Estos fotógrafos rechazaban cualquier vinculación con la pintura, así como toda artificialidad fotográfica, manipulación o subjetivismo encubierto, limitándose a transcribir literalmente las cosas. Este planteamiento dio lugar a obras como la del fotógrafo Albert Renger-Patzsch, donde se

Fontcuberta tiene razón en la similitud de los dos procesos, el analógico o fotoquímico y el digital, ya que la luz libera electrones en ambos procesos, formándose la imagen latente en el analógico, pero en el digital los electrones liberados darán lugar a una intensidad de corriente eléctrica en un CCD o a una d.d. p. (diferencia de potencial eléctrico) en un CMOS. Esta señal eléctrica es energía y está desmaterializada, aunque aún existe cierta analogía con la realidad al producir la intensidad lumínica reflejada por la escena una intensidad de corriente eléctrica o una carga eléctrica proporcional a esa intensidad lumínica. Sin embargo, esta analogía desaparece por completo en la conversión analógico-digital posterior.

³¹⁷*Discipline*. King Crimson. Discográfica Warner. Reino Unido 1981.

enfatisa la morfología de los objetos utilizando a menudo la toma frontal. August Sander o Karl Blossfeldt “*reivindican para la fotografía la posibilidad de crear con sus propios medios imágenes que existan por sí mismas, sin tener que deberle nada a la pintura*”³¹⁸. En 1972 los Becher (ver punto 4-7) realizan su primera exposición individual de ámbito internacional en la Sonnabend Gallery de Nueva York, y Carl André les dedica un artículo en *Artforum*³¹⁹.

En su trabajo hay un distanciamiento del fotógrafo respecto al objeto o sujeto fotografiado, donde se realizan, en algunas ocasiones “*un desarrollo (Abwicklung), esto es, una serie de imágenes individuales en las que una sola estructura (por ejemplo, una torre de metalurgia o una casa) se presenta en una secuencia que abarca varios puntos de vista*”³²⁰, y, en otras, sus *tipologías*, donde una serie de imágenes del mismo tipo de estructura arquitectónica industrial son montadas en una disposición a modo de retícula, con una intención clasificadora que se acerca a planteamientos de archivo, desarrollando un proceso de trabajo muy similar al llevado a cabo por los científicos, en una apropiación de los modelos clasificadores y sistematizadores utilizados por la ciencia.

“*Su capacidad por la serialización y la acumulación archivística de sus materiales remitían a una nueva tipología más relacionada con la noción de archivo. Una noción cercana a las ilustraciones técnicas y científicas de los libros de texto y los catálogos*”³²¹.

³¹⁸ Sougez, Marie Loup *Historia de la fotografía*. Cuadernos de arte Cátedra. Ediciones Cátedra. Madrid. 1994. Pág 380.

³¹⁹ Carl André “A Note on Bernhard and Hilla Becher”, *Artforum*, XI,4 (Diciembre 1977).

³²⁰ Foster, Hal. *Op. Cit.* 2006. Pág. 521.

³²¹ Guasch, Anna María. *El arte del siglo XX en sus exposiciones 1945-2007*. Ediciones del Serbal. Barcelona 2009. Pág. 439.

La ausencia de sentimientos o emociones por parte del fotógrafo conlleva a ese distanciamiento con el objeto y a una neutralidad respecto al encuadre; el uso de una técnica fotográfica muy sofisticada, con el manejo de cámaras técnicas de gran formato, gran profundidad de campo y nitidez, amplio desarrollo tonal, corrección de perspectivas, etc., separa este proceso de los procedimientos habituales en la fotografía documental con cámaras de 35 mm, acercándolo a técnicas y métodos afines a los usados en la investigación científica, donde la técnica está al más alto nivel y el distanciamiento emocional con el objeto fotografiado es total, llegando a la máxima objetividad con respecto al motivo.

El análisis de lo fotografiado libera la imagen de contenido narrativo, llegando en muchas ocasiones a la abstracción, una abstracción paradójica, al ser lo fotografiado parte de la realidad. La realidad transformada en materia abstracta, materia construida industrialmente, que se convierte en abstracción gracias al modo de presentación de la obra.

Sus contundentes tipologías de los altos hornos muestran unas estructuras escultóricas³²² que llegan a una abstracción en su unidad y en su conjunto, no obstante, la intención de los Becher no era esta; era “*nada menos que desarrollar una historia natural de las formas industriales [...]; no sólo querían mostrar la singularidad de cada objeto, sino que nos querían sugerir que la retuviéramos para sentir su peso y para sentir, a través de esa singularidad, el verdadero peso del tiempo*”³²³. Además, con las fotografías, facilitaban información para su comprensión describiendo el funcionamiento de los edificios industriales presentados, como si de un trabajo divulgación científica se tratara, donde se intenta objetivizar al máximo la realidad para poder ser explicada de la manera más sencilla posible. Sin embargo, aparece compleja y abstracta, una realidad muy

³²² Fue decisiva su exposición en 1969 Esculturas anónimas. Comparaciones de formas de construcciones industriales. Fotos de Bernhard y Hilla Becher. En Düsseldorf en el Sädtische Kunsthalle. A partir de este momento se relacionarán con el Minimal Art y sus frías esculturas de las formas industriales y al Conceptual Art participando en la exposición Konzeption-Conception en Leverkusen y en el Documenta 5 en 1972.

³²³ Zweite, Armin. *La propuesta de Bernd y Hilla Becher sobre una forma de mirar: Diez ideas clave*. En *Tipologías*. Fundación Telefónica. Madrid. 2005 Pág. 21.

escultórica y matérica que revela formas geométricas y abstractas creadas por el hombre y que los Becher presentan a modo de archivo arqueológico-industrial.

Las figuras abstractas y geométricas de Donald Judd (1928-1994) utilizan métodos industriales para su producción, y se muestran con un lenguaje industrial en su serialización. Además, tienen un planteamiento totalmente objetivo alejado de cualquier implicación personal.

Esta objetualidad del objeto artístico es común en las posturas minimalistas y se puede articular con los planteamientos de objetividad y objetualidad de los Becher: *“Nuestra cámara no produce imágenes bonitas, sino duplicados exactos que, por causa de muestra renuncia a los efectos fotográficos, logran un resultado relativamente objetivo. La foto puede reemplazar ópticamente en cierta medida el objeto que representa. Esto adquiere un significado especial si el objeto no puede ser conservado”*³²⁴; a lo que Hans Strelow anota *“que las frías formas tecnoides del Mininal Art resaltan las múltiples formas y la belleza espontanea de construcciones Industriales que habían sido creadas siguiendo los principios de los cálculos estáticos y razones económicas”*³²⁵. En cuanto a su incursión en el arte conceptual, Bernd y Hilla Becher explican como ocurrió en una entrevista con Moritz Neumüller:

“-Moritz Neumüller: Ustedes han dicho en alguna ocasión que les incluyeron en la categoría del arte conceptual simplemente porque no encajaban en ninguna otra.

³²⁴ En Bernhard and Hilla Becher *Anonyme Skulpturen: Eine Typologie Technischer Bauten* Dusseldorf. Art press, 1970 y Kunst-Zeitung n°2 Enero 1969. Citado por Gronert, Stefan. *Fotografía alternativa: el arte conceptual y la emancipación artística de la fotografía en Europa*. En The last picture Show: Artistas que usan la fotografía. MARCO de Vigo. Septiembre 2004. Pág. 35

³²⁵ Sterlow, Hans. *Anonyme Skulpturen Fotografierte Industriebauten von Bernhard und Hilla Becher*. En Frankfurter Allgemeine Zeitung, 6 de marzo de 1969. Citado por Zweite, Armin. La propuesta de Bernd y Hilla Becher sobre una forma de mirar: Diez ideas clave. En Tipologías. Fundación Telefónica. Madrid. 2005. Pág. 21

- Bernd Becher: Se puede decir así.

- Hilla Becher: Sí, cierto. Pero fue simpático, no fue un insulto, sino algo muy bonito. Y de esa manera conocimos a mucha gente. En aquel entonces se organizaban muchas exposiciones conjuntas, porque no había dinero. Todo era muy provisional, pero de esta forma podías ver tus cosas colgadas en una pared, conocías a gente nueva y conversabas. A menudo, el interés se limitaba a los mismos artistas que allí exponían. Todo eso hoy parece inconcebible, según creo.”³²⁶



265- 266. Bernd and Hilla Becher. *Winding Towers*. 1966-97 *Wasserturme* (Water Towers)

³²⁶ Bernd & Hilla Becher hablan con Moritz Neumüller. *Conversación con fotógrafos*. Edición La Fábrica y Fundación Telefónica. Madrid 2005. Pág 54-55.

6-3-7 ARCHIVOS PLANETARIOS INFORMALISTAS. *A SAUCERFUL OF SECRETS*³²⁷

Los archivos producidos por las sondas y satélites espaciales que fotografían el sistema solar muestran imágenes cuyo contenido principal es la superficie de los planetas y de sus lunas, registradas en diferentes longitudes de onda. Estas imágenes se pueden ver publicadas en las siguientes direcciones web:

<http://photojournal.jpl.nasa.gov/index.html>, [25-6-2010]

<http://www.esa.int/esa-mm/mmg.pl?type=I> [19-10-2010]

<http://www.esa.int/esaCP/index.html>. [23-11-2010]

Imágenes en blanco y negro, color objetivo o color añadido artificialmente para destacar diversas zonas de especial interés. Estas imágenes, construidas con una intención radicalmente objetiva, muestran realidades de nuestro sistema solar con la finalidad de conocer y visualizar nuevos mundos a cual más sorprendente, algunos con espesas atmósferas de nitrógeno y mares de metano como Titán, la mayor luna de Saturno; otros, envueltos en capas de ácidos hidroclorehídrico y sulfúrico que reflejan la luz solar haciéndolos muy luminosos, escondiendo en su interior una topografía fracturada y montañosa cubierta en nieblas de dióxido de carbono empapado en ácido sulfúrico, que hace de este lugar un infierno de 480°C de temperatura. El paisaje de lo está compuesto de volcanes en constante actividad, que forman lagos de lava y enormes géiseres. Los gigantes gaseosos, Júpiter y Saturno, carecen de geografía; sólo tienen un pequeño núcleo en su interior de roca y hielo cubierto de océanos de helio e hidrogeno líquidos. Neptuno, el más pequeño de los gigantes gaseosos, es una bola de gas de hidrogeno,

³²⁷ Pink Floyd. *A Saucerful of Secrets*. Discográfica. Columbia .Capítol .Reino Unido 1968.

helio, y metano a -215°C . Marte es rocoso y rojo por la presencia en su suelo de óxidos de hierro. Y la Tierra es una delicada sorpresa en este conjunto de planetas tan extremos que orbitan alrededor del Sol.

En todos ellos encontramos la materia inerte en sus diversos estados y formas, una materia que, como anteriormente se analizó, está compuesta en su más íntima esencia de átomos que a su vez están formados por las partículas subatómicas responsables, en último término, de la morfogénesis o generación de las formas matéricas de todo lo que existe en el universo.

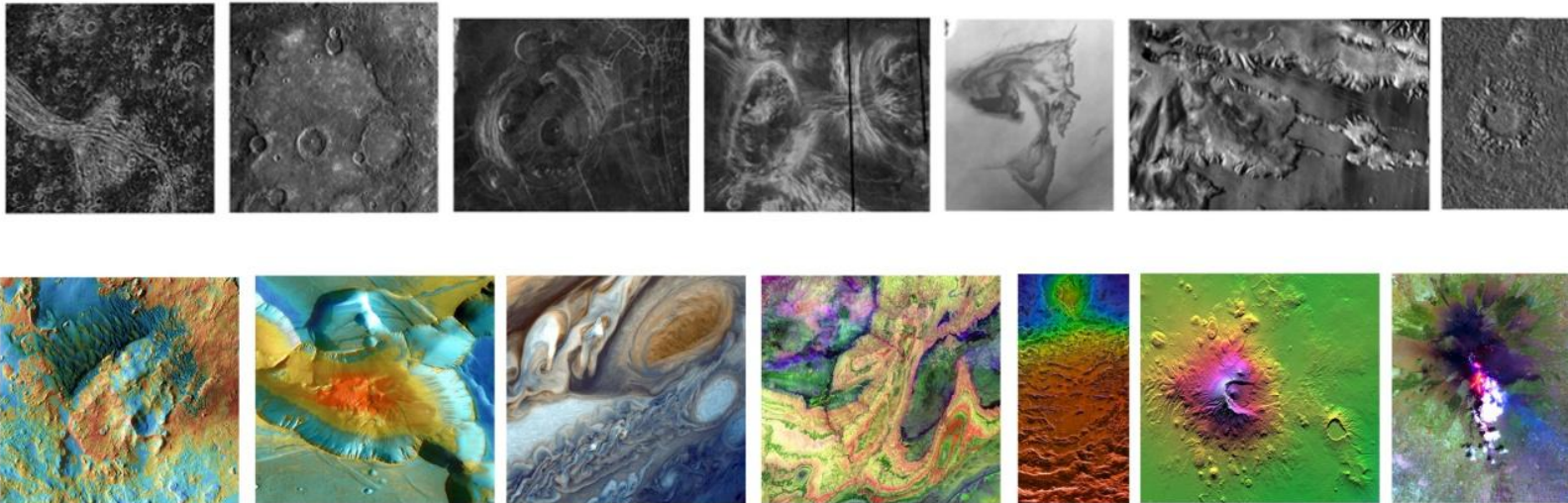
En la visión de un humanista del Renacimiento, *“el hombre fue llamado por los antiguos microcosmos, y ciertamente es un término bien empleado, porque del mismo modo que el hombre es una combinación de tierra, agua, aire y fuego, también lo es el cuerpo de la tierra”*³²⁸.

El microcosmos y el macrocosmos tienen una conexión evidente ya advertida desde el Renacimiento. Lo más diminuto de la materia se combina estructurando el universo, creando todo lo existente y mostrando su identidad matérica, que se advierte en estas imágenes que, obtenidas a través de Internet a partir de los archivos científicos de la NASA, he dispuesto en series por sus características formales de color o tonalidad y composición o estructura, que exploran la forma y las sitúan fuera de su contexto y alejadas de la referencia de cualquier magnitud. A pesar de que muestran algo real, procurando tener un alto grado de objetividad, su nivel de abstracción es muy elevado. Se acercan a planteamientos informalistas donde se exaltan las propiedades de los materiales, que en último término es la propia materia en sus diferentes estados. Producen formas indefinidas donde *“puede apuntarse que el desasosiego que causan a veces está provocado por una alusión a la destrucción*

³²⁸ Leonardo da Vinci citado en *Cosmologías contemporáneas*. Ottinger, Didier. En *Cosmos. Del romanticismo a la vanguardia 1801-2001* Clair., Jean. Centro de cultura contemporánea de Barcelona 1999. Pág. 250

que, pese a ser latente, se llega a percibir³²⁹, así como una riqueza de texturas generadas por el carácter matérico de los objetos fotografiados por las cámaras ubicadas en el interior de las sondas espaciales.

Algunas imágenes muestran una gama cromática muy exaltada, con colores vivos y luminosos, con violentos contrastes y marcadas texturas; otras poseen unas coloraciones más tenues y apagadas, sin dejar por ello de ser expresivas.



267. Selección de imágenes topográficas de diferentes planetas y lunas del Sistema Solar obtenidas de distintas sondas y satélites. Fuentes NASA. ESA.

En estas imágenes, la *Nueva Objetividad* se convierte en *Visión Expandida*, una visión cenital donde se imponen las formas abstractas generadas por la materia que integra todos los planetas del sistema solar, una visión propia de nuestra época que nos descubre nuevos planetas y nuevas formas plásticas; una visión vinculada a un tiempo presente y a un tiempo pasado así como a su manera de apreciar el mundo:

³²⁹ Cirlot, Lourdes. *Últimas tendencias*. Historia universal del arte. Editorial Planeta. Barcelona. Pág. 29

“Para Moholy-Nagy la cámara era un instrumento que permitía ampliar la visión. En cierta ocasión, mirando una fotografía que había realizado años antes desde una torre de puente en Marsella, su atención quedó concentrada como si se tratara de algo nuevo y de una obra ajena. ¡Qué hermosa forma!, dijo, apuntando a una cuerda enrollada. ¡Nunca lo había visto antes! No le importaba quien había hecho la fotografía, ni por qué. Su búsqueda de la forma le llevó a apreciar instantáneas realizadas con propósitos científicos o utilitarios. En ellas encontró una nueva visión del mundo”³³⁰.

Una nueva visión que en la actualidad nos muestra unos nuevos mundos gracias al desarrollo científico y tecnológico ocurrido en nuestra era, ampliándonos nuestra visión extraordinariamente hasta alcanzar el microcosmos y el macrocosmos para situarlos al alcance de la mayoría, para poder analizarlo e investigarlo en la comunidad científica y para descubrir nuevas formas y modos de inspiración en los trabajos y las obras de los artistas.

6-3-8 TALES FROM TOPOGRAPHIC OCEANS³³¹. MATERIA Y ABSTRACCIÓN

La forma máterica es capturada por una sofisticada cámara desmaterializándose, viajando en el espacio y el tiempo, para nuevamente materializarse y convertirse en objeto de estudio o en objeto estético, mostrando nuevos mundos, nuevas formas, creando imágenes que estimulen sensibilidades sin necesidad de estar apegadas a una realidad objetiva, convirtiendo la

³³⁰ Newhall, Beaumont. *Historia de la fotografía*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona 2002. Pág. 207

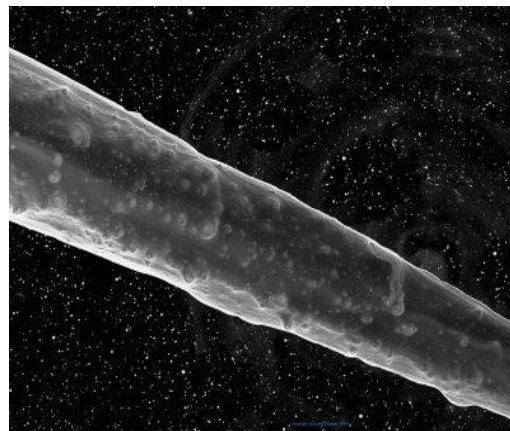
³³¹ *Tales from Topographic Oceans*. Yes. Discográfica Atlantic Records. Reino Unido. 1973.

realidad en abstracción, produciendo nuevas sensaciones y acercándonos a un abismo existencial que nos produce un terrible desasosiego. “*Es, como siempre en el arte, un proceso formal y conceptual y sobre todo un desarrollo del método y del vocabulario artístico*”³³².

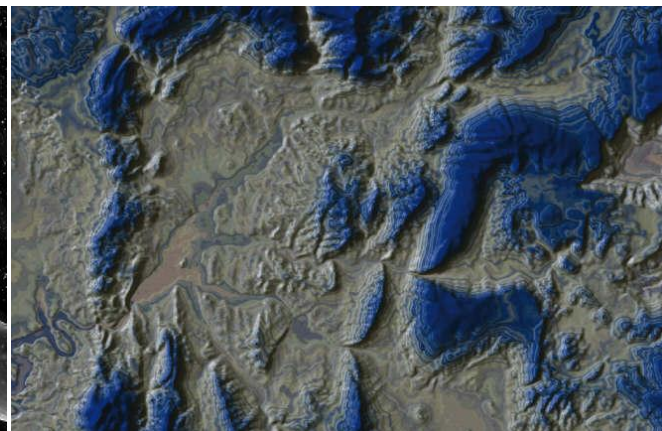
La fotografía ha explorado las formas abstractas de la realidad en trabajos como los de Moholy–Nagy, Coburn y sus vortografías, Stieglitz y sus equivalentes, los experimentos fotográficos de Man Ray, Minor White (1908 -1976); Edward Weston (1886-1958); Aaron Siskind (1903-1991); Frederick Sommer (1905-1999) o fotógrafos y artistas contemporáneos, de los que analizaré algunas obras en el siguiente capítulo, como Roland Fischer (1958 -); Edward Mapplethorpe (1960-); Thomas Ruff (1958-); Wolfgang Tillmans (1968-); Richard Misrach (1949 -); Adam Fuss (1961 -); Daniel Canogar (1964-); Charles Lindsay (1961-) o Darío Urzay (1958-), que toma como punto de partida de sus obras fotografías aéreas.



268. R. Misrach. *On the Beach Series*, 2002



269. C. Lindsay. *Series Carbon*



270. Darío Urzay. *Memorizando estratos*, 2009

³³²Olivares, Rosa. *El enigma de la abstracción*. EXIT 14. Abstracción. Madrid 2004. Pág. 16

“Visualmente, la fotografía aérea y de satélite y la fotografía tomada desde el avión han llamado la atención de fotógrafos y artistas por los juegos de abstracción que la vista de pájaro construye sobre el entorno. Pero se trata tan sólo de una mirada que descubre en la naturaleza el remedo de las abstracciones formales que antes los artistas fueron capaces de imaginar en sus lienzos”³³³.

Sin embargo, algunos fotógrafos como Moholy-Nagy o artistas como Malévich utilizarán este tipo de fotografías, tal como aquí se ha analizado, como fuente de inspiración en los inicios de la abstracción o como obra artística en sí misma.

Esta valoración de la visión aérea y cenital se originó a mediados del siglo XIX teniendo a Nadar como artífice. *“Nadar se dedicaba a realizar ascensiones en globo y a combinar esta afición con la fotografía y cuenta en sus memorias que ya pensaba, en 1853, que la fotografía aérea se podía utilizar para alzados topográficos”³³⁴.*

La aparición de los primeros aeroplanos potenció este tipo de fotografía originando un nuevo punto de vista que probablemente influyó en la visión abstracta de la realidad³³⁵.

En la actualidad muchas de las imágenes realizadas por satélite ciertamente nos remiten a formas pictóricas abstractas, como se ha destacado en esta investigación. Sin embargo, sería muy reduccionista y superficial valorar estéticamente estas

³³³ Esparza, Ramón. *En medio de todo, formando parte de ello*. En *Bifurcaciones* Darío Urzay. Fundación ICO. Madrid 200 Pág. 19

³³⁴ Sougez, Marie-Loup. *Op Cit.* pág. 166

³³⁵ Para más información sobre el inicio, el desarrollo de la fotografía aérea y su influencia en el mundo del arte se puede consultar el interesante artículo escrito por Antonio Bueno. *Del mapa al paisaje aéreo. La mirada cartográfica*. Revista Lápiz nº 222. Págs. 42-59

imágenes en relación con *“las imágenes abstractas, parecidas a las de la pintura, que es posible hallar en algunas fotografías científicas o en la microfotografía. En esos casos el resultado suele ser un mirada formalista y fragmentaria hacia la imagen científica que de esta manera alcanza la categoría de bonita o de sorprendente”*³³⁶. Como aquí se ha detallado, detrás de cada imagen no sólo existe un paralelismo formal con la pintura abstracta; se halla la posibilidad de observar la esencia misma de la materia, el rastro de lo más recóndito de la naturaleza mostrado a través de sus trazas y representado por puntos y líneas sobre un plano, como se observa en las imágenes bidimensionales aquí expuestas.

También podemos destacar el concepto de desmaterialización y teletransportación a través del espacio y el tiempo; de ensamblaje y construcción en la producción de las imágenes; de reinterpretación fuera de su contexto funcional *“en las imágenes de la ciencia persisten ricos yacimientos de significados”*³³⁷; de almacenamiento en archivos; de nueva objetividad y visión expandida; de la visión anónima de la máquina donde la captura se realiza encuadrando de manera aleatoria para que, posteriormente, un técnico se encargue de seleccionar la imagen en función de unos parámetros científicos de análisis de la realidad, incluso en algunas ocasiones la propia máquina es la encargada de la selección. La máquina como productora de una información que se maneja a través de las ecuaciones de Shannon, *“que plasman de forma elegante la complejidad de la información y la problemática de los medios utilizados para almacenarla o transmitirla”*³³⁸.

³³⁶ Llorca, Pablo. *El mundo descrito. Imagen, ciencia y documento*. Fundación ICO. Madrid .2008 Pág. 16

³³⁷ Del Río, Víctor. *El espacio ideológico del arte y la ciencia*. En revista Lápis nº 193. Pág. 28

³³⁸ Aleksander, Igor. *Comprender la información, bit a bit. Las ecuaciones de Shannon*. En *Formulas elegantes*. Graham Farmelo (editor). Tusquets editores. Metatemas. Barcelona. 2004. pág 211.

Esta información generada por la máquina puede también utilizarse como una obra artística, una máquina suprematista, integrada en sí misma y en todos los instrumentos y herramientas de exploración y observación de la naturaleza: aceleradores, telescopios, sondas espaciales, satélites, cohetes y modernos aviones; una máquina en cada uno de nuestros hogares permitiéndonos la observación y la comunicación a niveles jamás imaginados por el hombre.

6-3-9 APROPIACIONISMO EN RED. *IN THE COURT OF THE CRIMSON KING*³³⁹

La revolución digital ha cambiado radicalmente las formas de transmisión del conocimiento en la sociedad contemporánea, permitiéndonos el apropiacionismo, legal o ilegal, de contenidos que existen virtualmente en la red. Las imágenes utilizadas en esta tesis proceden de páginas web de centros de investigación al más alto nivel: NASA, ESA y CERN (muchas de las imágenes utilizadas en esta segunda parte de la tesis: *La fotografía científica fuera de su contexto funcional en un acercamiento al arte del siglo XXI*):

- <http://photojournal.jpl.nasa.gov/index.html>
- <http://hubblesite.org/gallery/>
- <http://public.web.cern.ch/collection/photos>
- <http://www.esa.int/esaCP/index.htm>

En los ochenta, una serie de artistas norteamericanos utilizarán la fotografía para desarrollar una corriente apropiacionista que critica directamente a los *media*. Douglas Crimp había propuesto la fotografía como única alternativa a la pintura en el marco de la posmodernidad:

³³⁹ *In the Court of the Crimson King*. King Crimson. Fripp/McDonald/Lake/Giles/Sinfield. Discográfica Atlantic. UK. 1969.

“el apetito por la fotografía en la pasada década fue insaciable. Artistas, críticos, coleccionistas, comisarios de exposiciones y estudiantes de escuelas de arte se apropiaron de la fotografía para huir de su enemiga, la pintura”³⁴⁰.

Artistas como Jenny Holzer, Barbara Kruger, Richard Prince y Sherrie Levine utilizan imágenes que ya existen con la intención de trasladar el problema de la originalidad del objeto al concepto, partiendo directamente del pensamiento de Walter Benjamin en *La obra de arte en la época de la reproductibilidad técnica*.

Éstos artistas “eliminaban el significado primigenio de fotografías publicitarias, de tomas televisivas o cinematográficas e incluso de imágenes procedentes de la propia historia del arte para otorgarles uno absolutamente nuevo”³⁴¹.

Separando las imágenes de su contexto funcional éstas “aparecían como signos abstractos y que, por su falta de relación mimética y alusiva respecto a la realidad, fueron calificadas de simulacros”³⁴²; simulacros de la realidad, que en las imágenes científicas responden a una teoría desarrollada matemáticamente con la intención de entender un fenómeno natural que en la

³⁴⁰ En *The Photographic Activity of Postmodernism*. Comunicación presentada en un coloquio en Montreal en Octubre de 1980 y el artículo *The End of Painting*. En *El arte último del siglo XX Del posminimalismo a lo multicultural*. Anna María Guasch. Alianza Editorial. Madrid. 2000. Pág. 345

³⁴¹ Guasch, Anna María. *Op.cit.* Pág. 342

³⁴² Guasch, Anna María. *El arte del Siglo XX en sus exposiciones. 1945 -2007*. Ediciones del Serbal. Barcelona. 2009. Pág. 351.

mayoría de los casos es cierto. De ahí su comprobación experimental para demostrar y afirmar esa teoría, que en numerosas ocasiones tiene como resultado una imagen fotográfica que demuestra la veracidad de la teoría, como por ejemplo las fotografías³⁴³ tomadas desde Isla Príncipe del eclipse ocurrido en Mayo de 1919, que confirmaban rotundamente la Teoría de la Relatividad de Einstein.

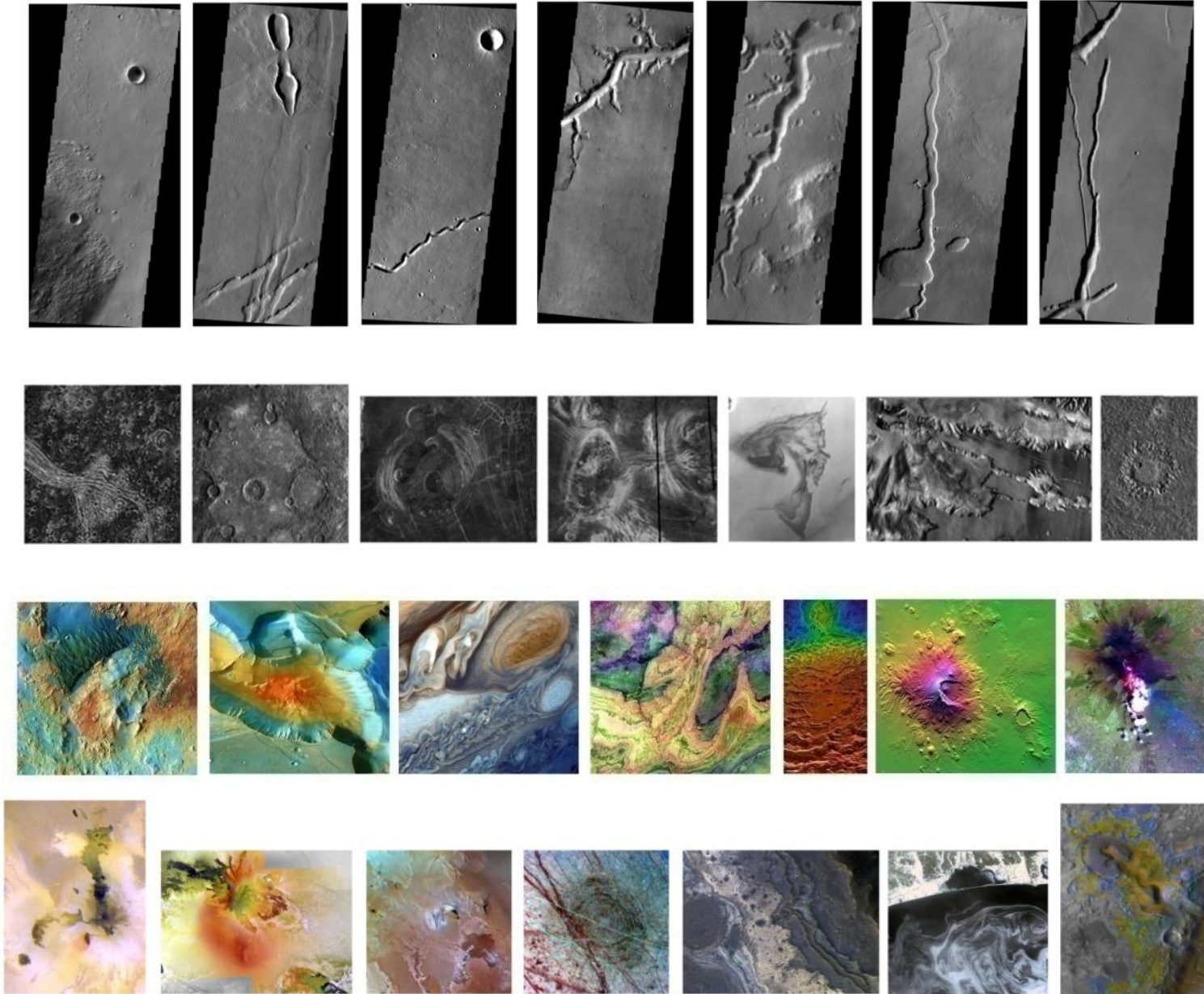
En otras ocasiones, se realizan simulaciones de lo que pudiera ocurrir, como en el caso aquí presente de las series del Bosón de Higgs y del agujero negro microscópico. Estas imágenes tienen una gran importancia en su contexto funcional; no son simulacros, en tanto en cuanto que demuestran o predicen fenómenos físicos reales apoyados de un brillante desarrollo matemático, pero sí constituyen simulacros al separarlas de su entorno funcional y obtenerlas mediante un proceso de desmaterialización, al ser descargadas a través de la red, donde están de forma virtual convertidas en una señal digital que se materializa electrónicamente en una pantalla TFT, LED o TRC, o como objeto al imprimirlo y mostrarlo como una fotografía. Nos apropiamos de ellas apartándolas de su entorno científico para

*“indagar en las estructuras del significado,
ya que, como sostiene Crimp, detrás de cada
imagen siempre se puede hallar otra imagen”³⁴⁴,*

al mismo tiempo que las dotamos de un discurso artístico dentro de los planteamientos pertenecientes a la historia del arte y vinculados a los procesos y medios artísticos actuales.

³⁴³ Para más información ver *Oscuridad a mediodía. Eclipse*. En Barrow, Jonh D. *Imágenes del Cosmos*. Ediciones Paidós Ibérica. Barcelona. 2009. Págs. 158-165.

³⁴⁴ Guasch, Anna María *Op.cit.* Pág. 343.



272. Selección de imágenes topográficas de diferentes planetas y lunas del Sistema Solar obtenidas de distintas sondas y satélites. Fuentes NASA. ESA.

Utilizando los numerosos archivos científicos existentes en las diferentes disciplinas científicas, ubicadas en la red, encontramos una ingente cantidad de imágenes, estas, se han obtenido por los procesos enunciados aquí y asociándose a la categoría de *visión expandida*: apropiacionismo, desmaterialización, materialización/matérico, simulacros, construcciones y ensamblajes, que dan como resultado imágenes con un grado muy alto de abstracción, cuando lo que se intenta representar es una imagen lo más parecida a la realidad.

Únicamente hay que formular una cuestión que nos lleve a la reflexión, para lo cual desarrollaremos una narración visual seleccionando, entre la extensa cantidad de imágenes, las imágenes idóneas para conseguir nuestro fin; que trata de prescribir sentidos a unas imágenes que se elaboraron como un acercamiento a la realidad física de lo que nos rodea.

En la mayoría de las ocasiones las imágenes escogidas son manipuladas con la intención de adaptarlas al discurso visual del proyecto; Andreas Gursky en su serie *Oceans* (2009-2010) parte de imágenes de la tierra obtenidas por satélite combinadas con imágenes artificiales del agua marina con la intención de obtener un resultado que se aproxime al “*sentido de lo "terrible" sublime asociado con la pintura de paisaje romántico y la abstracción del siglo XX*”³⁴⁵. Thomas Ruff ha trabajado de la misma manera en series como *Cassini* donde se descarga de la red (<http://saturn.jpl.nasa.gov/photos/raw/index.cfm>) imágenes de la sonda Cassini-Huygens en un formato Raw de alta calidad para poder manipularlas sin pérdida de información. La saturación del color, la alteración del encuadre y la ampliación a tamaños muy grandes, lleva a la imagen al límite de la pixelación, ubicando estas imágenes en el terreno del arte y cuestionando la realidad capturada por las sondas espaciales en su aventura por el cosmos “*lo que todo ello bordee lo ficcional, ¿acaso deslegítima en un mundo como el nuestro, él mismo, pura*

³⁴⁵ En Gagosian Gallery <http://www.gagosian.com/exhibitions/andreas-gursky--november-04-2011> [19-01-2012].

*ficción?*³⁴⁶. Asimismo continua en su serie denominada *ma.r.s* (2010-2011), donde transforma los fragmentos capturados en blanco y negro del suelo marciano en imágenes coloreadas, modificando su perspectiva, con la intención de realizar una aproximación a los paisajes reales del planeta, resultándonos en apariencia familiares, con el propósito de llevar al espectador a la experiencia de la observación de la superficie marciana, tal y como observa la superficie de la Tierra desde un vuelo comercial entre dos ciudades.

6-3-11 LA ARMONÍA DE LAS ESFERAS

Los cuerpos celestes esféricos son fácilmente identificados como planetas o lunas pertenecientes al sistema solar. Sin embargo, al presentarlos todos al mismo tamaño pierden totalmente el referente de su escala. No obstante, pueden ser reconocidos gracias a sus cualidades matéricas situadas en la superficie planetaria. Cuerpos esféricos que archivamos con la intención de explorarlos en un intento de encontrar nuevas formas de vida, de poder conquistarlos para extraer su materia y crear en ellos colonias y plataformas de enlace hacia otros mundos más lejanos. *“Al hacer que la búsqueda de las fuentes de la vida en el corazón de las galaxias sea el fin utópico de la conquista espacial, el discurso cosmológico renueva el mito más antiguo y reincidente de la historia humana: la búsqueda de sus propios orígenes”*³⁴⁷.

Anaximandro (610-545 a.de N.E.), físico³⁴⁸ de la escuela de Mileto, discrepaba de su maestro Tales de Mileto (624-546 a.de N. E.), que pensaba que la Tierra era plana, como una isla rodeada por un mar infinito. Anaximandro indicaba que la tierra era cilíndrica y estaba rodeada por una esfera hueca donde se encontraban las estrellas. *“Concebidas a veces como entidades*

³⁴⁶ Calvo Serraller, Francisco. *La mirada perdida. Thomas Ruff ma.r.s*. Catálogo exposición. CAC Málaga. Pág.17

³⁴⁷ *De Humboldt a Hubble*. Clair, Jean. *Cosmos. Del romanticismo a la vanguardia 1801-2001*. Jean Clair. Centro de cultura contemporánea de Barcelona 1999. Pág. 21

³⁴⁸ En esta época por físico se entiende un pensamiento que trata de explicar cuál es el origen de las cosas del mundo a partir de determinados principios. En *Historia de la ciencia. Antigüedad y edad media*. Ordóñez, Javier. Editorial Austral. Espasa Calpe. Madrid 2008. Págs. 61-62.

*metafóricas y a veces como objetos sólidos hechos de cristal, las esferas servían para sostener en su sitio los objetos celestes y para explicar la complicada coreografía de los cielos*³⁴⁹.

Fue Pitágoras (512-497 a.de N.E.) el que imaginó la Tierra como una esfera trasladando este concepto a los demás cuerpos celestes conocidos y elaborando una doctrina que pretendía dar una explicación al Cosmos; la denominó *Armonía de las esferas* y en ella se reflexionaba acerca de cómo sería el funcionamiento del gran sistema cósmico, imaginando una fabulosa maquinaria que originaba la rotación de la Tierra en el interior de la esfera celeste. El Sol, la Luna y los demás planetas conocidos tenían sus propias esferas transparentes, en total siete esferas correspondientes a las siete notas musicales.

Los pitagóricos entendían la música como la ciencia de la armonía y extrapolaron las proporciones aritméticas y musicales al universo; *“la estructura simétrica de la escala de siete intervalos, que resulta del proceso de crear tonos constantes sucesivos separados por quintas, inspiró a Pitágoras a vincular la música con el movimiento del Sol, la Luna y las cinco estrellas viajeras, los así llamados planetas, que se movían respecto del fondo de estrellas fijas del cielo*³⁵⁰.

En su obra *Del Cielo*, Aristóteles explica la manera por la cual se produce la música de las esferas. Al ser los cuerpos celestes de gran tamaño y moverse a enormes velocidades, emitían un conjunto de sonidos a través del éter de igual forma que los cuerpos en la tierra producen vibraciones al moverse en el aire. Estos sonidos eran inaudibles para el hombre, ya que al ser constantes se había acostumbrado a ellos.

³⁴⁹Hathaway, Nancy. *El universo para curiosos*. Editorial Crítica. Barcelona. 1997. Pág. 39.

³⁵⁰Castro, Sixto y Marcos, Alfredo (eds.). *Arte y Ciencia: Mundos convergentes*. Plaza y Valdés editores. Madrid 2010. Pág. 155.

Pitágoras, Platón y Aristóteles concebían que sólo la perfección de los círculos y de las esferas conseguía representar la armonía del mundo. Este concepto, “*si bien tiene poco de lo que hoy llamamos ciencia, es una metáfora del orden del cosmos, del hecho de que existen leyes matemáticas en el movimiento y de la estructura del cielo*”³⁵¹.

La misión Apolo 8 mostró la esfericidad del planeta Tierra. Las imágenes se realizaron mediante una cámara de televisión y fueron enviadas a la tierra desde el espacio en diciembre de 1968; “*por primera vez, en medio de un aislamiento espectacularmente intenso, todos pudimos ver qué aspecto tenía la Tierra vista desde el espacio exterior*”³⁵². La esfera emergía de la oscuridad con su color azulado como si se tratara “*de una piedra preciosa en el espacio; algo distinto, único, irremplazable, algo de lo que preocuparse especialmente*”³⁵³. Posteriormente las esferas han aumentado, al descubrirse nuevos cuerpos celestes, cada una con su propia singularidad; esferas rocosas y gaseosas orbitando alrededor de la gran esfera solar acompañadas por sus esféricos satélites girando alrededor de ellas; todo moviéndose en armonía, tal y como explica Isaac Newton (1642-1727) en sus *Principia Mathematica*, donde estableció las tres leyes del movimiento que darían lugar a una nueva mecánica unificada, destinada a explicar el movimiento de los cuerpos y *el sistema del mundo* (apéndice 10 punto 10.4).

Estas leyes serían cuestionadas a principios del siglo XX en la Teoría General de la Relatividad por Einstein, en un escenario que tiene como protagonista un cuerpo con simetría esférica (apéndice 10 punto 10.4).

³⁵¹ Castro, Sixto y Marcos, Alfredo. *Op.Cit.* Pág. 156.

³⁵² Barrow, Jonh D. *Imágenes del Cosmos*. Ediciones Paidós Ibérica –Barcelona 2009. Pág. 151.

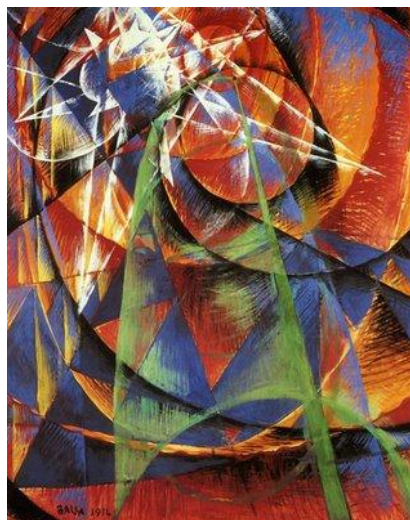
³⁵³ Barrow, Jonh D. *Op. Cit.* Pag 153

Los telescopios y las sondas espaciales nos muestran en la actualidad estos cuerpos esféricos, que fueron incorporados en lienzos y esculturas gracias a la imaginación de algunos artistas de vanguardia que, inspirados en artículos científicos y fotografías tomadas con antiguos telescopios, representaron su idea de armonía cósmica.

Ejemplos como: *Construcción espacial nº 9 (El círculo en el círculo)*, 1920-1921 de Rodchenko; *Cosmos-Círculo rojo sobre fondo negro*, 1925 de Ilia Chanshnik; *Mercurio pasando por delante del Sol*, 1914 de Giacomo Balla; *El primer paso*, 1914 de Kupka; *Formas circulares*, *Sol y Luna*, 1912/1931 de Robert Delaunay; *Círculos en un círculo*, 1923 y *Algunos Círculos*, 1926 de Kandinsky o *Sin título (planetas)*, 1927 y algunos móviles de Calder³⁵⁴; demuestran la preocupación de los artistas de vanguardia por comprender el orden cósmico de las esferas en movimiento.



274. Rodchenko, *Construcción espacial suspendida 9* 1920-1921

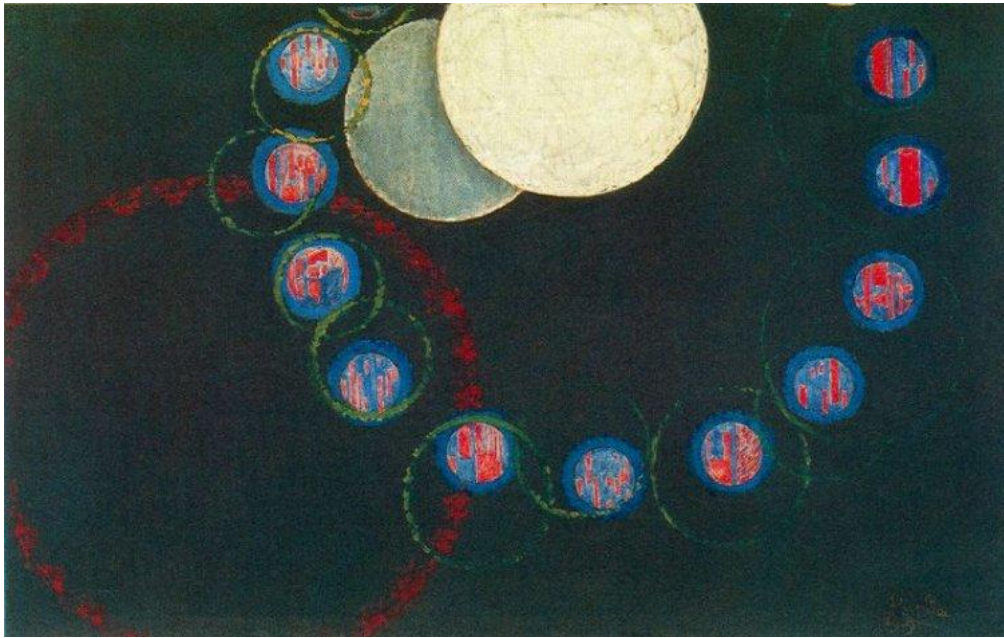


275. G. Balla *Mercurio pasando delante del Sol*, 1914



276. Delaunay. *Formas circulares* 1912-1931

³⁵⁴ La selección de ejemplos se ha obtenido del catalogo de la exposición. *Cosmos. Del romanticismo a la vanguardia 1801-2001*. Clair, Jean. Centro de cultura contemporánea de Barcelona. 1999. Págs 166-219.

278. Kupka. *El primer paso*, 1909277. Kandinsky. *Planetas*, 1927

El tamaño de las esferas o cuerpos celestes determinará la intensidad gravitatoria que se ejerce en cada cuerpo y en otros cuerpos celestes³⁵⁵, estableciéndose el orden imperante que reina en el universo. ¿Qué ocurriría si todas las esferas tuvieran el mismo tamaño?; ¿Qué universo sería posible? ¿Y si todos los planetas del sistema solar fueran del mismo tamaño?; ¿Volveríamos a la visión copernicana del mundo enunciada en *revolutionibus orbium coelestium libri VI* (*Seis libros acerca de las revoluciones de las esferas celestes*)?

³⁵⁵ “Las estrellas individuales se mantienen en un equilibrio entre el aplastamiento hacia dentro de la gravedad y la presión hacia afuera del hidrogeno, o de la radiación, sostenida por las radiaciones nucleares que ocurren cerca del centro de la estrella. Los cuerpos que son demasiado pequeños para que el aplastamiento gravitatorio en sus centros produzca temperaturas de millones de grados, que son necesarias para iniciarlas reacciones nucleares, nunca pueden convertirse en estrellas. En su lugar, quedaran los cuerpos fríos que llamamos planetas.” En Barrow, John D. *El universo como obra de arte*. Editorial Crítica. Barcelona 2007. Pág. 96

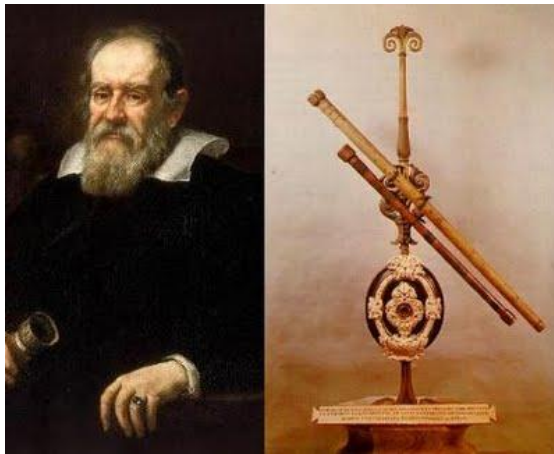
6-4 MACROCOSMOS. EXPLORACIONES. ESTUDIANDO LAS ESTRELLAS HEMOS LLEGADO A CONCEBIR LA ESTRUCTURA DEL ÁTOMO³⁵⁶.

6-4-1 EXPLORAR EL COSMOS. EL TELESCOPIO

“Hace ya cerca de diez meses que llegó a nuestros oídos la noticia de que cierto belga había fabricado un anteojo mediante el que los objetos visibles muy alejados del ojo del observador se discernían claramente como si se hallasen próximos. [...] Y, ante todo, me procuré un tubo de plomo a cuyos extremos adapté dos lentes de vidrio, ambas planas por una cara, mientras que por la otra eran convexa la una y cóncava la otra. Acercando luego el ojo a la cóncava, vi los objetos bastante grandes y próximos, ya que aparecían tres veces más cercanos y nueve veces mayores que cuando se contemplaban con la sola visión natural. Más tarde me hice otro más exacto que representaba los objetos más de sesenta veces mayores. Por último, no atorrando en gastos ni fatigas, conseguí fabricar un instrumento tan excelente que las cosas con él vistas parecen casi mil veces mayores y más de treinta veces más próximas que si se observasen con la sola facultad natural. Sería ocioso enumerar la cantidad e importancia de las ventajas de dicho instrumento tanto en los asuntos terrestres como en los marítimos. Mas, desestimando las cosas terrenales, me entregué a la contemplación de las celestes, observando primero la Luna tan de cerca cual si se hallase a una distancia de apenas dos semidiámetros terrestres. Después de ella, observé repetidamente las estrellas, tanto fijas como errantes, con increíble deleite de mi ánimo, y viendo tanta abundancia de ellas, comencé a pensar en el método con que poder medir sus distancias, hallándolo al fin, por lo que cumple informar del mismo a cuantos deseen emprender observaciones de tal

³⁵⁶ Barrow, John D. *El universo como obra de arte*. Editorial Crítica. Barcelona 2007. Pág. 88

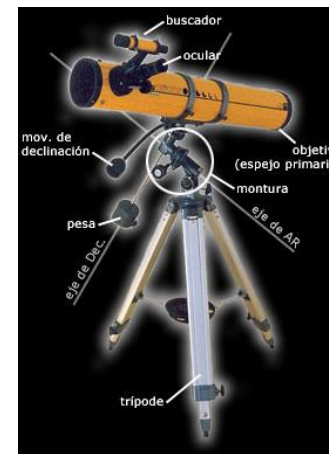
naturaleza.³⁵⁷ La utilización del telescopio por Galileo Galilei (1564-1642) marcó un antes y un después en la exploración del cosmos demostrando la teoría heliocéntrica, propuesta años atrás por Nicolás Copérnico (1473-1543) fundando con ella la astronomía moderna, y posibilitando además la observación de mundos lejanos y desconocidos. El telescopio utilizado por Galileo era refractor³⁵⁸ y tenía el problema de la aberración cromática, que producía en los objetos observados bordes coloreados y borrosos, obteniéndose una imagen defectuosa. El telescopio se perfeccionó a lo largo de los siglos XVII y XVIII apareciendo los telescopios reflectores, que utilizan espejos en lugar de lentes para enfocar la luz y formar imágenes, evitando los problemas causados por las aberraciones cromáticas y obteniéndose imágenes más precisas. Caroline Lucretia Herschel (1750-1848) y su hermano Sir William Herschel (1738-1822) construyeron grandes telescopios reflectores iniciando la astronomía de gran profundidad y la era de la astrofísica.



280. Telescopio de Galileo



281. Replica telescopio Newton



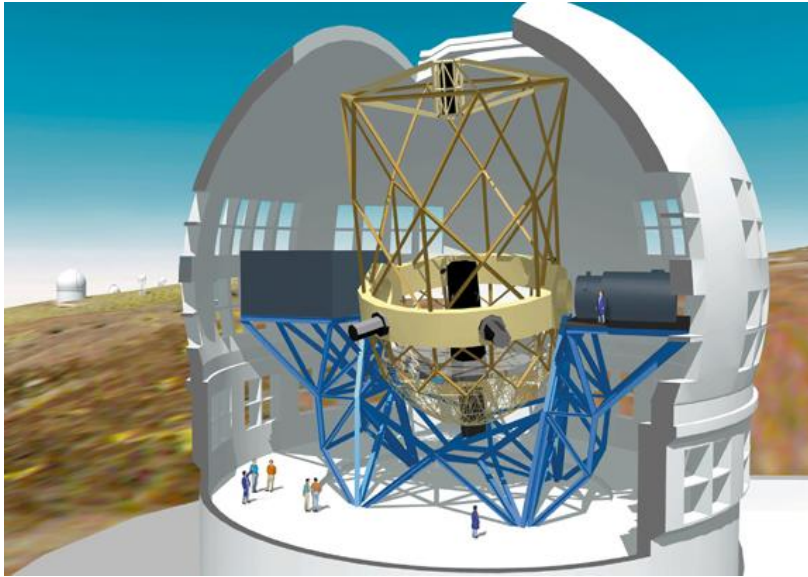
282. Modelo Newton

³⁵⁷ Galilei, Galileo. *El mensaje y el mensajero sideral*, Galileo, Kepler. 2ª edición. Alianza Editorial Madrid 1990.

³⁵⁸ Un telescopio refractor es un sistema óptico centrado, que capta imágenes de objetos lejanos utilizando un sistema de lentes convergentes en los que la luz se refracta. La refracción de la luz en la lente del objetivo hace que los rayos paralelos, procedentes de un objeto muy alejado converjan sobre un punto del plano focal. Esto permite mostrar los objetos lejanos mayores y más brillantes.

El astrónomo inglés William Lassell (1799-1880) perfeccionó la óptica y los telescopios fabricados por Herschel; la evolución y la mejora de nuevos modelos posibilitaron un viaje hacia el espacio intergaláctico que culminó a finales del siglo XX con el telescopio espacial Hubble (HST), denominado de esa forma en honor del astrónomo Edwin Hubble (1889-1953) ubicado en el exterior de la atmósfera en órbita circular alrededor de la Tierra y a 593 km sobre el nivel del mar. Fue puesto en órbita en el año 1990 como un proyecto conjunto de la NASA y la ESA. Su situación, al estar lejos de la Tierra más allá de la atmósfera, le permite eliminar los efectos de la turbulencia atmosférica y le permite captar longitudes de onda del espectro electromagnético que no llegan a la superficie terrestre debido a la atmósfera. Los telescopios terrestres se ven afectados por factores meteorológicos y la contaminación lumínica ocasionada por los grandes asentamientos urbanos por lo cual se suelen ubicar en altas montañas y desiertos, alejados de las grandes ciudades. El Observatorio Mauna Kea de Hawái, donde se localizan los telescopios Keck I y Keck II, se encuentra situado cerca de la cima del volcán inactivo del mismo nombre, a 4.205 metros, puesto en funcionamiento en 1996. Se trata del primer telescopio con espejo multisegmento siendo capaz de reunir espectros de 130 galaxias o más en una sola exposición. El Gran Telescopio Canarias (GTC) es el mayor telescopio óptico del mundo, está situado en el Roque de los Muchachos a 2.396 metros de altitud, en la Isla de La Palma, lleva en funcionamiento desde el año 2009. Más actual es el Atacama Large Millimeter/submillimeter Array (ALMA), una asociación internacional entre Europa, Norteamérica, Asia Oriental y Chile. Ubicado en el Desierto de Atacama a 5.000 metros de altitud y al norte de Chile. Es el mayor proyecto astronómico del mundo; está formado por un conjunto de 66 radiotelescopios de 12 y 7 metros de diámetro

destinados a observar longitudes de onda milimétricas y submilimétricas que permitirán vislumbrar la formación de las estrellas en los albores del universo, obteniendo imágenes extremadamente detalladas de estrellas y planetas en proceso de nacimiento.



283. 3D de la cúpula y estructura del GTC



284. *The Southern Milky Way Above ALMA*

El viaje al pasado es recurrente en el macrocosmos y en el microcosmos para explorar los instantes iniciales de la formación del Universo. Gracias a sistemas apoyados de gigantescas máquinas como ALMA o el LHC podemos acercarnos al universo primigenio explorando lo más lejano y profundo del cosmos así como lo más recóndito e íntimo de la materia. *“Para explorar esa época, los cosmólogos se apoyan no solo en telescopios mayores y mejores, sino también en las potentes ideas de la física de partículas. Tras la constitución del modelo estándar de la física de partículas hace 30 años, se han propuesto ideas atrevidas, entre ellas la teoría de cuerdas, para unificar partículas y fuerzas fundamentales dispares. Estas nuevas ideas tienen consecuencias cosmológicas tan considerables como las tuvo la noción de gran explosión caliente. Señalan conexiones más*

*profundas e inesperadas entre el mundo de lo muy grande y lo muy pequeño.*³⁵⁹ El satélite-telescopio Planck de la ESA (Agencia Espacial Europea) puesto en órbita en 2009, a 1,5 millones de kilómetros de la Tierra para evitar interferencias de la Tierra o la Luna, está diseñado para detectar las anisotropías³⁶⁰ en el fondo cósmico de microondas en todo el cielo, con una resolución y sensibilidad sin precedentes. Planck será una fuente valiosísima de datos con los que se comprobarán las teorías actuales sobre el universo primitivo y los orígenes de las estructuras cósmicas. El telescopio es usado para captar radiaciones en dos bandas de frecuencia, una alta y otra baja, con los siguientes instrumentos:

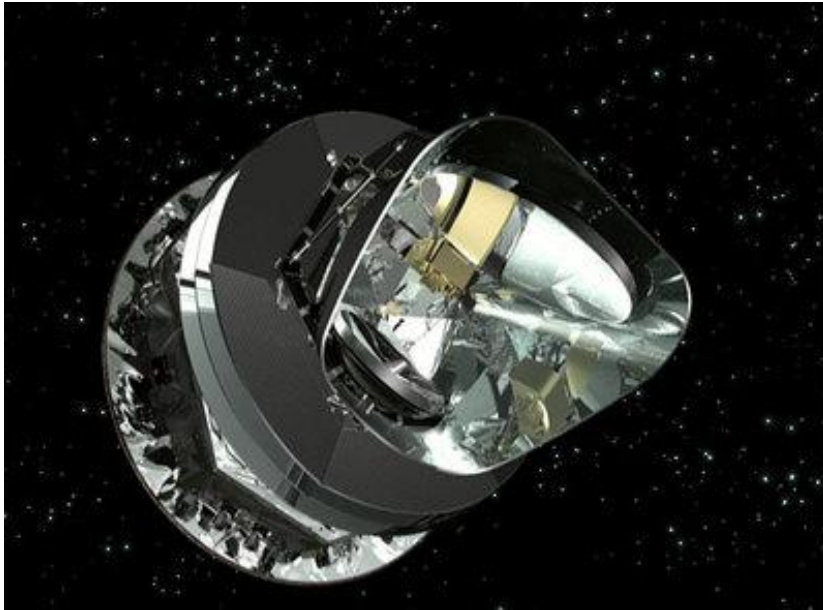
- Low Frequency Instrument (LFI) es un aparato que consiste en 22 receptores que funcionan a -253 °C. Estos receptores deberán trabajar agrupados en cuatro canales de frecuencias, captando frecuencias entre los 30 y 100 Ghz. Las señales serán amplificadas y convertidas en un voltaje, que será enviado a un ordenador.
- High Frequency Instrument (HFI) es un aparato compuesto de 52 detectores, que trabajan convirtiendo radiación en calor. La cantidad de calor es medida por un pequeño termómetro eléctrico. La temperatura es anotada y convertida en un dato de ordenador. Este instrumento trabaja a -272,9 °C.

Estos son algunos de los telescopios que están en la actualidad explorando los confines del universo, existen muchos más telescopios ópticos y radiotelescopios ubicados principalmente en la superficie terrestre: el observatorio de Monte Palomar, el Géminis, Europeo del Sur, los radiotelescopios NRAO, el radiotelescopio Green Banks,... todos apoyados de satélites artificiales en órbita cerca de la Tierra, naves y sondas espaciales que viajan a los límites de nuestro Sistema Solar y más allá, a

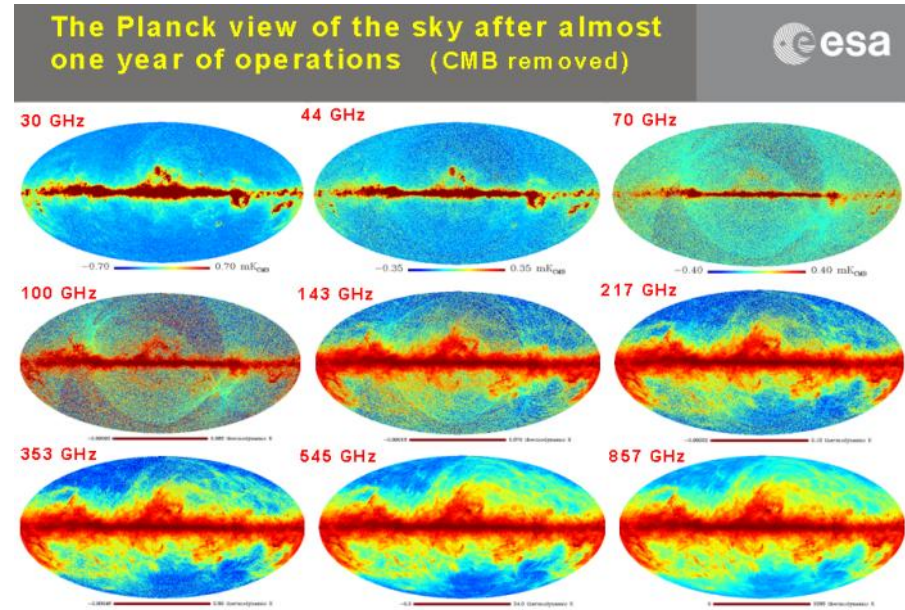
³⁵⁹ Turner, Michael S. *El origen del universo*. Investigación y Ciencia, Temas 63. Universo Cuántico. 1º trimestre. Madrid. 2011. Pág .66.

³⁶⁰ *f. fís.* Característica de una sustancia consistente en que algunas de sus propiedades dependen de la orientación considerada. P. ej., la velocidad de propagación de la luz en el interior de un cristal de cuarzo depende de la dirección que los rayos siguen dentro del cristal. En general los cristales son anisótropos. Diccionario Enciclopédico Vox 1. © 2009 Larousse Editorial, S.L.

modo de exploradores interplanetarios e intergalácticos; todos ellos tienen como misión mostrar lo que aún permanece inaccesible para el ser humano con objeto de extender su percepción para poder extraer conclusiones y proponer nuevos modelos teóricos con el fin último de comprender los grandes misterios del Cosmos.



285. El satélite Planck. Fuente ESA



286. Planck. Vistas del cielo a distintas frecuencias. De 30 a 857 GHz

Los objetos astronómicos se hallan situados a distancias inalcanzables para nosotros, la única manera de conocer algo de ellos es a través de la emisión de luz, o energías a distintas longitudes de onda del espectro electromagnético, que parte de ellos en un tiempo pasado, llegando muy debilitada a la Tierra debido a las enormes distancias recorridas. A simple vista solo observamos pequeños puntos luminosos contrastando con el negro dominante. Para conocer estos objetos luminosos

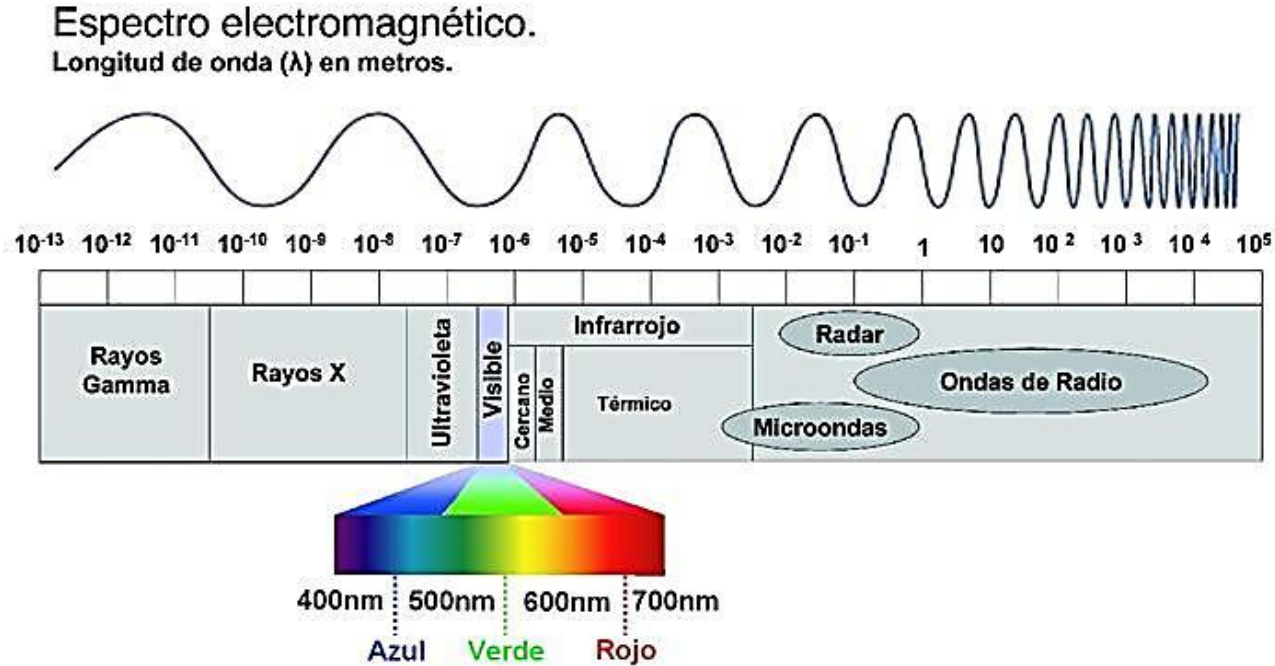
necesitamos instrumentos que nos muestren lo que no podemos apreciar a través de nuestros sentidos, deduciendo, a partir de su brillo y luminosidad, su forma, su posición en el cielo y su color, las características y el tipo de objeto que estamos observando. El color, inapreciable a simple vista debido a que la energía que los llega es muy débil para estimular los receptores del color de la retina, es una fuente de información acerca de la constitución química, la temperatura, el movimiento y la distancia del objeto respecto a la Tierra; los telescopios amplifican la luz que emiten las estrellas y las nubes luminiscentes de gas interestelar³⁶¹ captando su color y deduciendo así su temperatura. Los planetas y satélites naturales tienen unos colores más fáciles de interpretar al reflejar la luz que le llega del Sol, tal y como ocurre en nuestro planeta y en sus paisajes. Hay colores no visibles que provienen de energías distribuidas a lo largo del espectro electromagnético y que están fuera del rango de longitudes de onda visibles: ondas de radio, infrarrojo, microondas, ultravioleta, rayos x, rayos α o rayos γ ; éstos colores tienen que ser interpretados de forma arbitraria al no conocerse su matiz para poder percibirlos con nuestros sentidos, por ello se suele dotar de diferentes matices de color a diferentes longitudes de onda dentro de una banda del espectro electromagnético; es decir, si se fotografía fuera de la banda del espectro visible, por ejemplo, en la banda perteneciente a los rayos x, las longitudes de onda cortas, medias y altas, dentro de esta banda de rayos x, tendrán distintos matices de color, colocados de forma arbitraria, que evidentemente no se corresponden con el color verdadero de las distintas longitudes de onda existentes en los rayos x.

³⁶¹ Los átomos de gases del espacio exterior se excitan y emiten luz cuando quedan atrapados en campos magnéticos y se calientan por efecto de la radiación ultravioleta y las colisiones con las ondas de choque que producen las explosiones estelares. Alguno de los colores más intensos provienen de los elementos que son fundamentales para la vida terrestre: oxígeno con tonalidad azul oscura, nitrógeno verde oscuro, hidrógeno con tonos que varían de magenta a verdoso en función de los estados excitados,... En Villar, Ray. *El color natural del universo. El Cosmos*. Duncan Baird Publishers Ltd. Reino Unido. 2005 Traducción castellano Ferrán Meler. Ediciones Paidós. Barcelona. Págs. 172-173

6-4-2 EL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO. ESPECTRO VISIBLE Y NO VISIBLE. ESPECTROSCOPIA. ESPECTROS DE EMISIÓN Y DE ABSORCIÓN. EXPLORAR LA MATERIA

James Clerk Maxwell (1831-1879) llevó a cabo la formulación teórica de la electrodinámica demostrando matemáticamente las leyes experimentales de la electricidad y del magnetismo propuestas por varios científicos, entre los que cabe destacar a Michael Faraday, y manifestando que el campo eléctrico y magnético son manifestaciones de un sólo campo, el campo electromagnético. Su formulación matemática le llevó a la deducción de que la luz era en sí misma una onda electromagnética, prediciendo al mismo tiempo la existencia de otras radiaciones no visibles, es decir, otros tipos de ondas electromagnéticas con mayores longitudes de onda que la de la luz visible (apéndice 10 punto 10.2 y tablas). Este tipo de ondas electromagnéticas son conocidas hoy en día y configuran lo que se denomina el espectro electromagnético, representando todas las radiaciones de origen electromagnético existentes en la naturaleza, estando ordenadas en función de su longitud de onda o de su frecuencia a ambos lados de la banda del espectro visible. El ser humano únicamente puede ver un estrecho rango de radiación electromagnética que está situado entre los 400 nm³⁶², que aproximadamente corresponden a la luz violeta, y los 750 nm correspondientes a la luz roja; con lo cual la mayoría de las radiaciones electromagnéticas que inundan la naturaleza son invisibles para nosotros necesitando la ayuda de dispositivos para poder observarla.

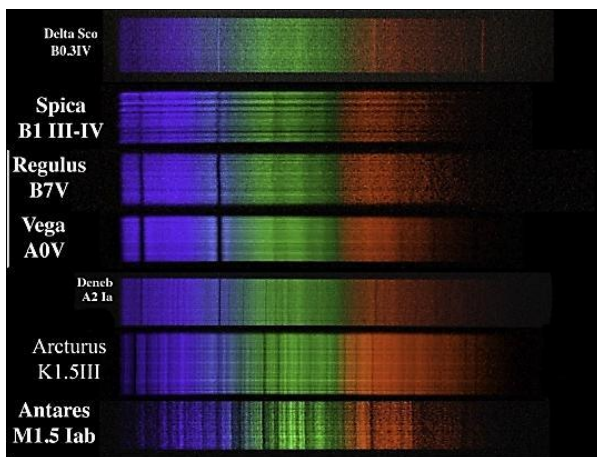
³⁶² Al ser cantidades muy pequeñas se utilizan submúltiplos del metro en concreto nanómetros nm.
1 nm equivale a 10^{-9} metros.



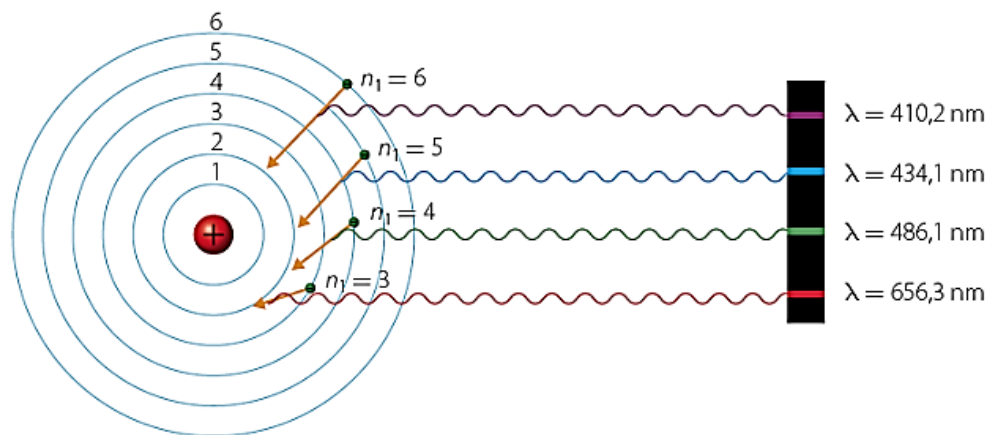
287. Espectro electromagnético

La astrofísica necesit  recurrir a instrumentos para detectar distintos tipos de radiaciones, ya que con el telescopio óptico solo podía observar el rango del espectro visible, captando el cosmos en diferentes longitudes de onda para poder explorar objetos que de otro modo serían invisibles. Los radiotelescopios se dirigen hacia una región del cielo para registrar la cantidad de energía, en una frecuencia de radio determinada, que llega a la Tierra, de la misma manera un transmisor de radar emite ondas de radio hacia un cuerpo celeste, que puede ser un planeta, reflejándose para ser recibidas en la Tierra por un radiotelescopio que nos transfiere la información sobre el cuerpo explorado. En astrofísica existen muchas formas de obtener y visualizar la información que llega a la tierra en las distintas longitudes de onda del espectro y a través de los diversos

instrumentos ubicados en el interior de sondas espaciales, telescopios, naves espaciales o satélites; en esta investigación no habría espacio suficiente para enumerar todas, por ello y tal como está planteada la misma, solo me detendré en algunas cuestiones muy básicas que servirán de apoyo para la comprensión del objeto principal de esta tesis, que es la vinculación y el uso de la fotografía científica en el mundo del arte contemporáneo. Con lo cual explicaré brevemente lo que es el conjunto de técnicas fundamentales que permiten la separación y el estudio de las radiaciones monocromáticas componentes de una onda electromagnética y que se conoce con el nombre genérico de espectroscopia (apéndice 10 punto 10.2.4). Su importancia es esencial para el estudio de lo infinitamente grande *“el análisis espectroscópico de las radiaciones que nos envían es la única fuente de información que poseemos –y que poseeremos en mucho tiempo, sin duda- acerca de la composición y la vida de estrellas y galaxias lejanas [y] han sido el origen de nuestros conocimientos acerca de la estructura de lo infinitamente pequeño: núcleos, átomos, moléculas. La mecánica cuántica fue creada, en gran parte, para explicar los resultados de esos trabajos.”*³⁶³

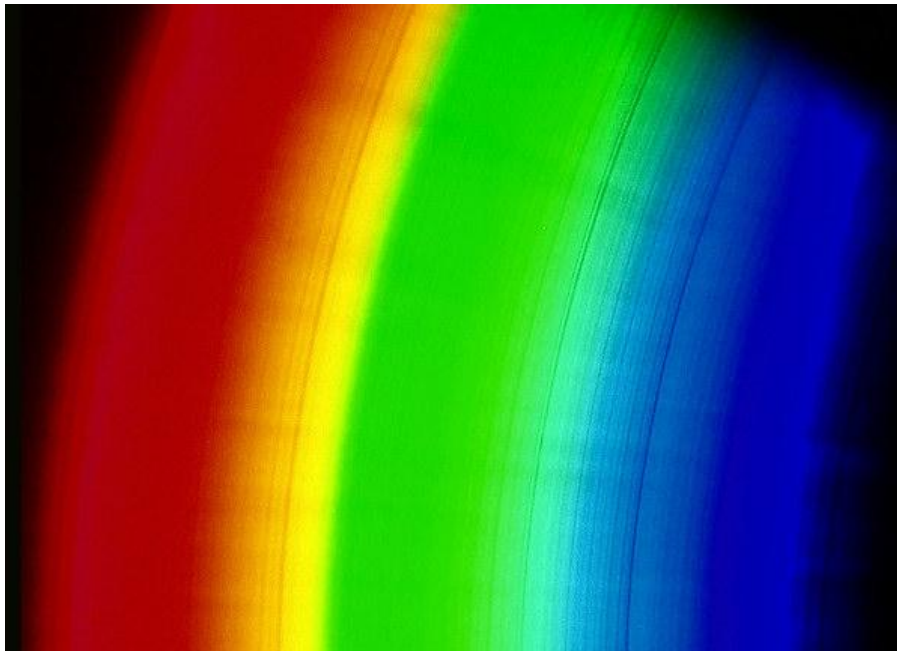


288. Espectroscopia en cuerpos celestes

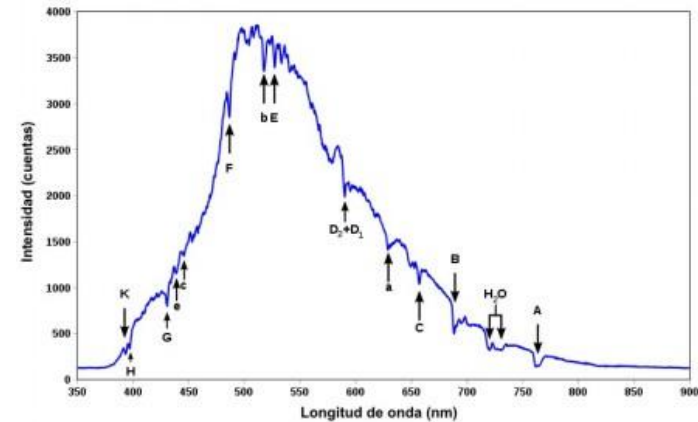
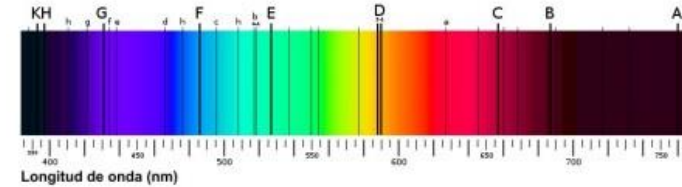
289. Transiciones electrónicas. Emisiones de distintos λ

³⁶³ Lévy, Éli. *Diccionario Akal de Física*. Ediciones Akal. Madrid.1992. Pág 309.

A ambos lados del espectro visible se encuentran las radiaciones ultravioleta e infrarroja, ya observadas a principios del siglo XIX, en esa época, y gracias a la observación de las franjas de sombras producidas en el espectro visible, cuando es descompuesto al atravesar la luz solar un prisma, se originará una ciencia denominada espectroscopía. William Wollaston (1766-1828) comprobó que, además de las diferentes tonalidades que se forman al descomponer la luz a través de un prisma, al aumentar el tamaño del espectro se aprecia que existen siete líneas oscuras repartidas a lo largo del espectro visible. Esta observación detallada del espectro a través de un sistema, en este caso un prisma, para descomponer la luz en el espectro de colores unido a un microscopio para explorar el espectro detalladamente, llevó a Joseph von Fraunhofer (1787-1826) a una investigación en profundidad del fenómeno, proponiendo otra técnica de descomposición de la luz: las redes de difracción. Este nuevo sistema, así como la gran calidad de los instrumentos utilizados, posibilitó una observación del espectro solar muy detallada, advirtiéndole la aparición de muchas más rayas oscuras que las que había percibido Wollaston, en concreto 576 entre los extremos rojo y violeta, registrando las longitudes de onda de cada una de ellas. Destacó ocho de estas líneas por su apariencia, más marcada que las demás, identificadas con letras de la A a la G, destacando la singularidad de que la D se dividía en dos líneas muy próximas. Estas ocho líneas se conocen como las *líneas de Fraunhofer*, el físico alemán interpretó estas líneas como parte del espectro comprobando que variaba su distribución al observar el Sol u otras estrellas. El espectro estudiado por Fraunhofer se denominó espectro de absorción, ya que se asocia a la formación de líneas oscuras.



290. Líneas de Fraunhofer en un CD



291. Espectro solar

Continuando estas investigaciones Robert Bunsen (1811-1899) y Gustav R. Kirchhoff (1824-1887) comprobaron que cuando se calienta una sustancia con un mechero, denominado posteriormente *mechero Bunsen*, la llama muestra un color característico en función de la sustancia caldeada, por lo tanto, si calentamos cada uno de los elementos químicos conocidos se producirá en el espectro una pauta característica de rayas luminosas.

“Cada espectro tiene un valor de identificación similar al que puedan tener, en otro contexto, las huellas dactilares o los códigos de barras. Cuando una sustancia está caliente, al irradiar luz produce rayas

*luminosas; cuando la misma sustancia está presente, pero en frío, produce rayas oscuras en el espectro, ya que absorbe luz de fondo precisamente con las mismas longitudes de onda, en vez de irradiar luz, que es lo que hace cuando está caliente. Realizando una serie de pruebas de llama en el laboratorio con distintos elementos, era evidente que se podía formar una colección de pautas espectrales características asociadas a cada uno de los elementos conocidos*³⁶⁴.

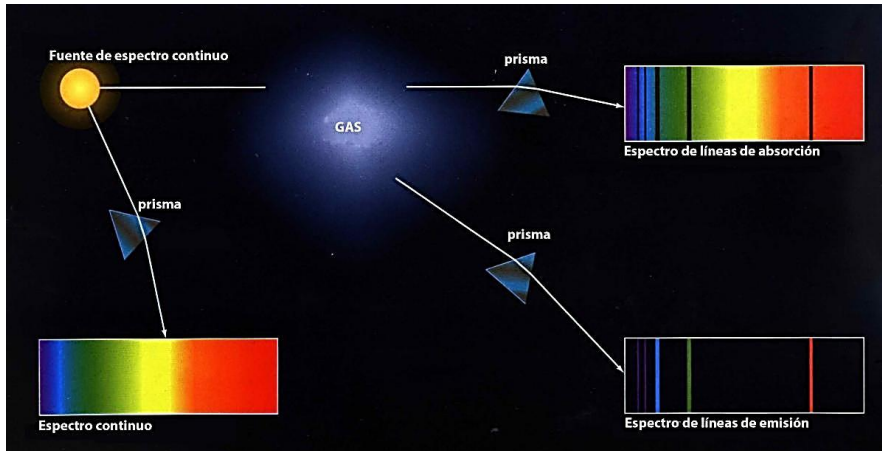
Esto conducirá al descubrimiento de nuevos elementos químicos aún desconocidos en el siglo XIX y a la posibilidad de conocer la composición de los cuerpos celestes “*ya no será necesario tocar un cuerpo para determinar su naturaleza química: bastará verle*”³⁶⁵ escribirá en 1861 el químico francés Jean–Baptiste-André Dumas. No importaba la distancia que nos separaba de las estrellas para saber de qué estaban formadas gracias al análisis de la luz que nos llega a través del espacio y del tiempo.

El nacimiento de la espectroscopia condujo al nacimiento “*de una nueva ciencia, la astrofísica, que permitía abordar cuestiones imposibles de resolver para la vieja, varias veces milenaria, astronomía*”.³⁶⁶

³⁶⁴ Gribbin, John. *Historia de la ciencia*. Editorial Crítica. Barcelona 2003. Pág 338

³⁶⁵ Citado en Artola, Miguel. Sánchez Ron, José Manuel. *Los Pilares de la ciencia*. Editorial Espasa Calpe. Madrid. 2012. Pág. 407

³⁶⁶ Artola, Miguel. Sánchez Ron, José Manuel. *Op Cit.* Pág. 407



292. Espectroscopia en cuerpos celestes



93. Espectros de emisión- absorción

Bunsen y Kirchhoff relacionaron el espectro de absorción y el de emisión al comprobar que calentando los gases éstos absorben la misma longitud de onda que emiten llegando a la conclusión que *“el cociente entre la capacidad de emisión y la capacidad de absorción, e/a, común a todos los cuerpos es una función que depende de la longitud de onda [de la radiación emitida o absorbida] y de la temperatura”*³⁶⁷.

La fotografía se aplica al análisis espectral a través de los espectrógrafos, un instrumento similar al espectroscopio³⁶⁸ y en el que se ha sustituido el ocular por una emulsión fotográfica o un detector (CCD–CMOS) con objeto de registrar los diferentes componentes del espectro.

³⁶⁷ Artola, Miguel. Sánchez Ron, José Manuel. Op.cit. pág. 409.

³⁶⁸ Un espectroscopio está compuesto básicamente de un conjunto de prismas y varios anteojos o telescopios dispuestos en diferentes ángulos. La lente más próxima al prisma recibe el nombre de colimador y recibe los rayos de luz, produciendo un haz paralelo que se descompone en distintos colores al pasar por varios prismas o por una

“La combinación de espectroscopio, telescopio y fotografía abrían un campo de exploración hasta entonces desconocido, aportando datos sobre el color, la temperatura, el tamaño, la composición, la distancia, etc., de los objetos estelares. La belleza de las imágenes dejaba en ocasiones encandilado a más de un científico.”³⁶⁹

6-4-3 FRECUENCIAS.

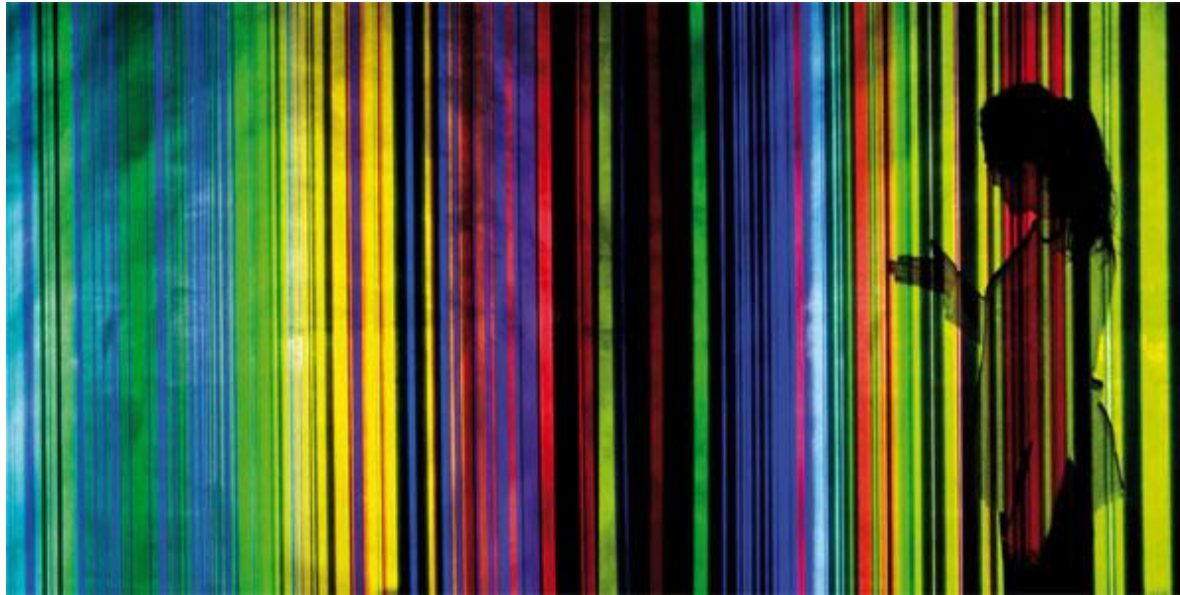
La artista catalana Eugénia Balcells (1942-) utiliza la luz como eje vertebrador de su proyecto artístico explorando, en un primer momento, los límites a la percepción visual a través de la imagen electrónica en dos propuestas exhibidas como instalaciones de vídeo y denominadas *Color Fields*, (1984) y *TV Weave*, (1985) convirtiéndose en una de las pioneras en el campo de la experimentación artística con medios electrónicos. La exploración de la luz como esencia creativa ha desembocado en dos magníficos proyectos que analizaré a continuación: *Frecuencias*, (2009) *“Es un proyecto artístico que explora el recorrido de la luz desde los espectros de emisión de los elementos químicos hasta la formación de las imágenes cinematográficas”³⁷⁰* poniendo de manifiesto la naturaleza íntima de los elementos químicos y revelando uno de sus secretos

red de difracción. Por el telescopio que miramos, denominado antejo, se forman tantas imágenes como longitudes de onda haya presentes en la luz analizada, una portaescala graduada ubicada en otro de los telescopios sitúa las diferentes líneas del espectro en un valor determinado (longitud de onda-frecuencia)

³⁶⁹ Cuevas Martín, José. *Fotografía y conocimiento. La fotografía y ciencia*. Desde los orígenes hasta 1927. Editorial Complutense. Publicación electrónica. Madrid. 2007 www.editorialcomplutense.com. Pág. 133.

³⁷⁰ En [http://www.eugenialbalcells.com/intinerancia/Eugenia%20Balcells%20Intinerancia_ESP_\(4.5Mb\).pdf](http://www.eugenialbalcells.com/intinerancia/Eugenia%20Balcells%20Intinerancia_ESP_(4.5Mb).pdf)

más escondidos que, como se ha desarrollado anteriormente, fue descubierto por la ciencia, enriqueciendo así el conocimiento con la creación de nuevas disciplinas como la espectroscopia o la astrofísica (apéndice 10 puntos 10.1. y 10.2)



294. Eugénia Balcells. Instalación de *Frecuencias*, 2009

Balcells expresa este hallazgo, ocurrido a principios del siglo XIX, desplegando una propuesta estética con la intención de acercar el conocimiento científico al territorio artístico realizando un trabajo donde quiere “*explorar la capacidad de los colores para representar y ordenar la realidad*”³⁷¹ además de investigar el escurridizo y complejo comportamiento de la luz y la interacción de ésta con la materia. *Frecuencias* despliega una serie de instalaciones: *Rueda de color*, *Laberinto*, *Mármol* y *Frecuencias* que ponen de relieve lo expuesto anteriormente. “*Rueda de color y Laberinto se relacionan a la manera de las*

³⁷¹ Franco, Antonio. *Frecuencias en el MEIAC*. Edición Museo Extremeño e Iberoamericano de Arte Contemporáneo. Arts Santa Monica. Barcelona. 2009. Pág. 7.

*muñecas rusas, una dentro de otra y así sucesivamente. O como la visión cósmica de los hindúes: un palacio dentro de un palacio o una joya dentro de una joya... los fractales. Todo en una instalación sería como introducirse en una simple ranura de la otra, del mismo modo que el microcosmos está en el macrocosmos. Galaxias y electrones reflejándose unos en otros. Reflejo y al mismo tiempo un cosmos que danza, que gira, que se mueve, que cambia continuamente: la danza de Shiva, la danza de la energía*³⁷². La danza cósmica intrínseca al microcosmos y al macrocosmos debido a la naturaleza dinámica de la materia, simbolizada en la danza de Shiva que “*nos recuerda que las múltiples formas del mundo son maya -no fundamentales, sino ilusorias y siempre cambiantes- mientras continúa creándolas y disolviéndolas en un incesante flujo de su danza.*”³⁷³ *Frecuencias* interroga la materia sacándole los colores, esas radiaciones emitidas dentro del mundo cuántico debidas a las transiciones electrónicas³⁷⁴ son proyectadas para ser envuelto por ellas, tocándolas, observándolas en una representación dinámica que representa las infinitas combinaciones entre los elementos constituyentes de la materia y que se exponen, en su versión estática, en una tabla periódica que incorpora los espectros de emisión de los elementos que están dispuestos según el orden asignado por Dimitri Ivánovich Mendeléyev (1834-1907). “*Frecuencias es un homenaje a los elementos de la tabla periódica, actores principales del universo. Me fascina que, del mismo modo que nuestro dedo deja una huella única, estos*

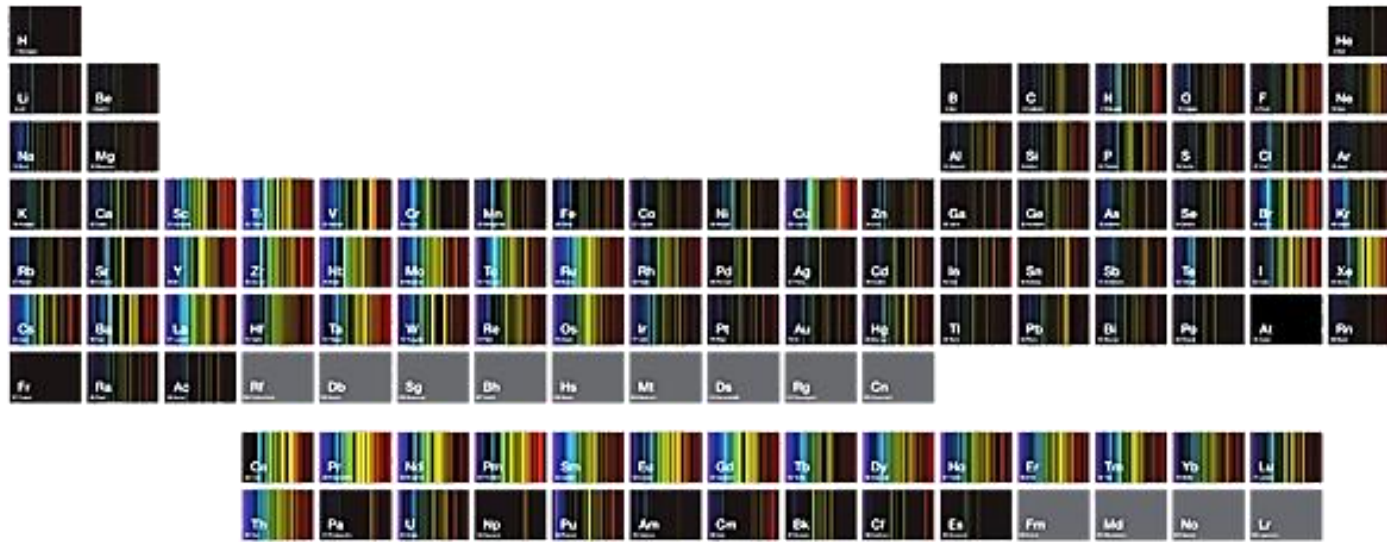
³⁷² Balcells, Eugénia. *La otra cara de la Luna: conversaciones en el estudio*. Frecuencias. Edición Museo Extremeño e Iberoamericano de Arte Contemporáneo. Arts Santa Monica. Barcelona. 2009. Pág. 166.

³⁷³ Capra, Fritjof. *El Tao de la física*. Editorial Sirio. Malaga. España. 2007. Pág. 329.

³⁷⁴ En el mundo cuántico los electrones ligados a un átomo pueden ocupar una serie de niveles de energía discretos. En su estado fundamental, un átomo tiene sus electrones ocupando los niveles energéticos más bajos disponibles. Cualquier transición de un electrón a un nivel energético superior desocupado requiere la absorción por parte del átomo de una determinada cantidad de energía y, viceversa, al realizar una transición a un nivel energético inferior, el átomo libera una cantidad de energía igualmente determinada. Denominamos a estos "paquetes" de energía intercambiados en las transiciones electrónicas, fotones.

Así, cada línea espectral corresponde a una transición determinada entre dos estados energéticos de un átomo dado de un elemento particular. Las líneas de absorción se originan cuando un electrón "salta" a un nivel energético superior tomando el fotón necesario de un campo de radiación como, por ejemplo, el espectro continuo creado por un objeto caliente. Cuando el electrón retorna al nivel original menos energético y más estable, el fotón emitido contribuye a formar una línea de emisión.
<http://www.qsl.net/ea1crk/medio/Cap4.htm>

elementos tengan también una señal que les identifica: su singularidad al emitir y absorber la luz. Trenzo sus espectros, tras identificarlos.”³⁷⁵

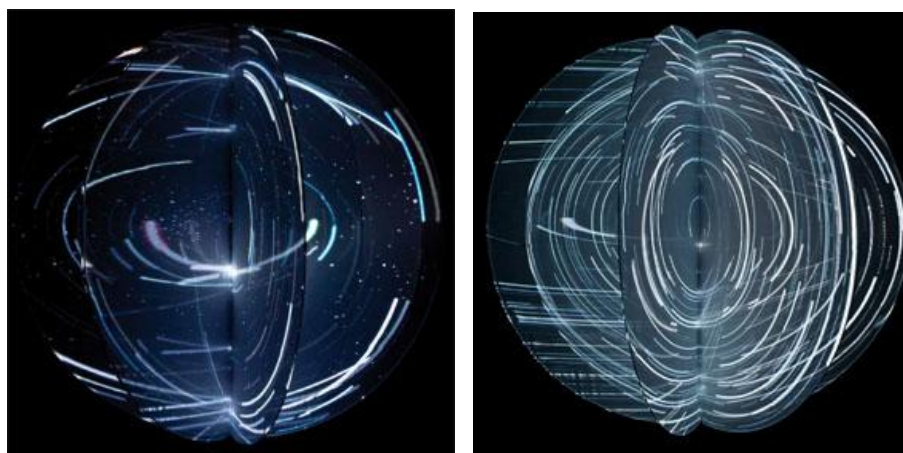


295. Eugénia Balcells. *Homenaje a los elementos*. Espectros de emisión. *Años Luz*, 2009

La misma tabla periódica es utilizada por Balcells en su proyecto actual continuando con su línea de investigación centrada en el universo, la materia, la luz y la fusión entre microcosmos- macrocosmos. *Años Luz* “es un viaje hacia la memoria del universo. Una memoria que se inicia en los cuerpos celestes y se recoge en el interior de las partículas elementales que constituyen la materia. Es un canto a la complejidad de la luz que crea vida a su paso. Es una ocasión para recordar que todo lo

³⁷⁵ Balcells, Eugénia. *La otra cara de la Luna: conversaciones en el estudio*. Frecuencias. Edición Museo Extremeño e Iberoamericano de Arte Contemporáneo. Arts Santa Monica. Barcelona. 2009. Pág. 167.

*que existe fue un día puro polvo de estrellas*³⁷⁶. La exposición está compuesta por dos instalaciones: *Frecuencias*, integrada por las imágenes fijas de los espectros de emisión de los elementos de la tabla periódica en su mural *Homenaje a los Elementos* y las proyecciones de esos espectros, tal y como se examinó anteriormente; *Universo* es una instalación multimedia en la cual se proyecta, sobre un cuerpo esférico giratorio compuesto de varios planos, una película en alta definición que muestra la trayectoria del Sol desde el amanecer hasta el anochecer, representando el universo como si de un cuerpo exento se tratara y pudiéramos observarlo desde un punto de vista exterior a él. Finalizando con una película proyectada de manera convencional titulada *Vislumbrar el Universo* y en la cual Eugénia Balcells mantiene una conversación con el astrónomo Marc Balcells, director del Grupo de Telescopios Isaac Newton instalado en el Observatorio Roque de los Muchachos en la Isla de La Palma, sobre la ciencia, su historia y como el conocimiento científico contribuye a la exploración del Universo y a la comprensión de nuestro lugar en él.



296. Eugénia Balcells. Instalación *Universo*. *Años Luz*, 2012

³⁷⁶ En <http://www.universoeugeniabalcells.com/> [25-02-2012]

6-4-4 LA MECÁNICA CELESTE. MODELO HELIOCÉNTRICO. EXPLORAR EL SISTEMA SOLAR

La manera de ver y comprender nuestro lugar en el orden cósmico ha cambiado de forma radical a lo largo de los siglos gracias a una serie de excelentes pensadores, que hoy denominaríamos científicos, a través de una sucesión de teorías revolucionarias y rupturistas con los modelos establecidos, que llegarían en un primer momento a establecer las leyes del movimiento de los cuerpos celestes demostrado que el Universo se rige por principios matemáticos.

La antigua visión del cosmos propuesta por Aristóteles (382-322 a.C.) y Claudio Ptolomeo (87-150 d.C.) en la cual la Tierra, fija e inmóvil, era el centro del Universo donde los planetas y estrellas, unidos a esferas perfectas y cristalinas, giraban alrededor de ella, era una hipótesis construida a partir del movimiento aparente de los cielos respecto a un observador situado en una Tierra inmóvil. Este observador parte de una experiencia tan natural y cotidiana como es el movimiento del sol, desde el amanecer al atardecer, y las observaciones del número y posición de los cuerpos celestes, llegando a desarrollar un modelo denominado geocéntrico, cuya representación se puede advertir en la esfera armilar, que estuvo vigente desde la antigüedad hasta el renacimiento con el dogmático apoyo de la Iglesia *“los cielos estaban habitados por ángeles, demonios y por la mano de Dios, que hacía girar las esferas planetarias de cristal. No había lugar en la ciencia para la idea de que subyaciendo a los fenómenos de la Naturaleza pudiese haber leyes físicas”*³⁷⁷. Sin embargo, el clérigo polaco Nicolás Copérnico (1473-1543) propuso un nuevo modelo argumentando su utilización para calcular las posiciones de los planetas y con el fin de evitar un enfrentamiento frontal con la Iglesia; en él cambió la posición de la Tierra otorgándole al Sol la posición central y proponiendo así un modelo denominado heliocéntrico, ya sugerido en el siglo III a.de C. por Aristarco de Samos sin obtener ningún respaldo

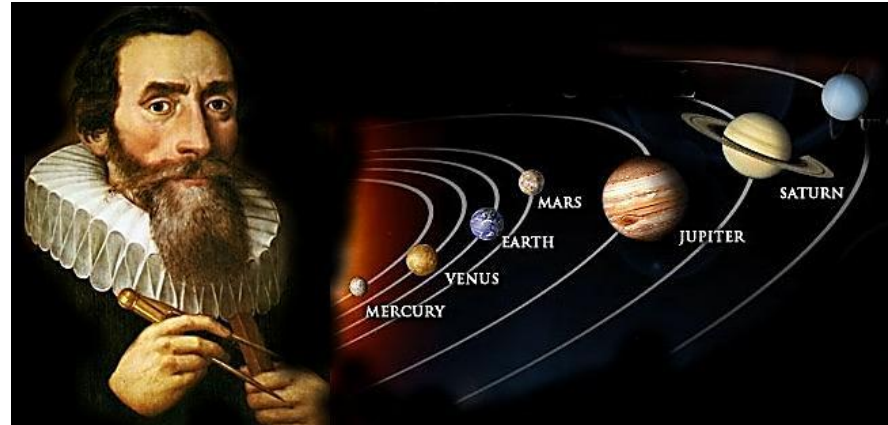
³⁷⁷ Sagan, Carl. *Cosmos*. Capítulo III. Editorial Planeta. Barcelona. 2004. Pág. 53.

a pesar de su prestigio como sabio. Estudiando los movimientos planetarios llegó a la conclusión de que la Tierra era un planeta más que, al igual que los demás planetas, trazaba órbitas circulares alrededor del Sol. Su teoría no fue divulgada en un principio con el fin de no escandalizar a las autoridades religiosas, si bien, su obra cumbre *De revolutionibus orbium coelestium* (*Sobre las revoluciones de los orbes celestes*), conocida como *De revolutionibus*, publicada en el año de su muerte 1543 llegó a manos de astrónomos que comenzaron a considerarla verídica creando una gran controversia y abriendo las puertas a un mundo totalmente distinto como el propuesto por el malogrado, astrónomo, filósofo, religioso y poeta, Giordano Bruno (1548-1600). Este defensor de la teoría heliocéntrica y de la teoría del también copernicano Thomas Digges (1546-1595), que postulaba que el Sol era una estrella más en un Universo lleno de infinitas estrellas, añadió que debía de haber vida en algún otro lugar del Universo; por ello fue condenado por la Inquisición a la pena de muerte en la hoguera en el año 1600; desaprobándose contundentemente las teorías de Copérnico e incluyendo su libro *De revolutionibus* en el Índice de libros prohibidos, desanimando de esta manera la investigación astronómica que se fundamentara en la teoría heliocéntrica. No obstante, en el año 1610 el astrónomo y matemático italiano Galileo Galilei (1564–1642) escribió un pequeño libro titulado *El mensajero sideral* (*Sidereus Nuncius*) donde describía sus observaciones con un nuevo instrumento que denominaría como telescopio percibiendo sucesos que permanecían ocultos a la humanidad: la Vía Láctea era un extensísimo conjunto de estrellas que estaban separadas; alrededor de Júpiter orbitaban cuatro lunas, hecho que cuestionaba un geocentrismo que aseguraba que todos los cuerpos celestes giraban alrededor de la Tierra; observó las fases de Venus, confirmando el modelo heliocéntrico al girar el planeta alrededor del Sol. Todas estas observaciones le llevaron a difundir el modelo heliocéntrico propuesto por Copérnico y a escribir su *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo, ptolemaico y copernicano*, (*Dialogo sopra i due massimi sistemi*

del mundo tolemaico e copernicano) publicado en 1632, en el cual presenta tres personajes que protagonizan ese diálogo: Simplicio representa la postura aristotélica; Sagredo es una especie de moderador neutral y Salviati es el defensor del sistema heliocéntrico propuesto por Copérnico. Galileo presenta las teorías a través de sus personajes intentando evitar el posicionamiento a favor de cualquiera de los dos bandos, sin embargo, se advertía una clara posición hacia el sistema heliocéntrico al reprobar el aristotelismo. El libro dejó de imprimirse en marzo de 1632 y Galileo fue convocado a juicio donde se le obligó a abjurar de la herejía de la teoría copernicana.



297. Modelo heliocéntrico Copérnico



298. Órbita elíptica. Kepler

Johannes Kepler (1571-1630) fue coetáneo de Galileo y partidario del sistema propuesto por Copérnico consiguiendo, a partir de su teoría heliocéntrica, ordenar el movimiento de los planetas, demostrando la validez del modelo heliocéntrico del sistema planetario y logrando su aceptación; su descubrimiento de las órbitas elípticas abrió una nueva era en la astronomía al demostrar matemáticamente el modelo heliocéntrico copernicano y de esta forma poder predecir los movimientos de los

planetas. Estas leyes fueron publicadas en 1609 en un libro titulado *Nueva astronomía (Astronomia nova)*, posteriormente escribiría su obra esencial *Las armonías del mundo (Harmonices Mundi)*, donde expone su tercera ley que junto con las otras dos leyes permitía ya unificar, predecir y comprender todos los movimientos de los astros.

6-4-5 PRINCIPIA MATHEMATICA Y RELATIVIDAD. EXPLORAR EL SISTEMA DEL MUNDO

Isaac Newton (1643- 1727) es probablemente el científico más importante de la historia de la ciencia al demostrar, entre otros muchos hallazgos, que las leyes naturales que gobiernan el movimiento en la Tierra y las que gobiernan el movimiento de los cuerpos celestes son las mismas, encontrando con ello el sistema por el que se rige el mundo. Con él la Revolución Científica, iniciada en 1543 con la publicación de *De revolutionibus orbium coelestium (Sobre las revoluciones de los orbes celestes)* de Nicolás Copérnico, llega a su plenitud; aportando nuevas ideas y conocimientos en matemáticas, física, astronomía, biología, medicina y química que transformaron las visiones antiguas y medievales sobre la naturaleza y sentaron las bases de la ciencia moderna. Newton dio a entender los fenómenos físicos más importantes del Universo observable, explicando las tres leyes de Kepler sobre el movimiento planetario. La condición empírica, basada en las observaciones de Tycho Brahe, de las tres leyes de Kepler tenía ahora su desarrollo teórico que expuso en su extraordinaria obra *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica (Principios matemáticos de la filosofía natural)*, también conocido como *Principia*. Su publicación

“marcó el momento que la ciencia llegó a la
mayoría de edad como una disciplina intelectual madura,

*dejando a un lado sus locuras de juventud y comenzado a normalizarse a través de investigaciones cada vez más consistentes sobre el Universo*³⁷⁸.

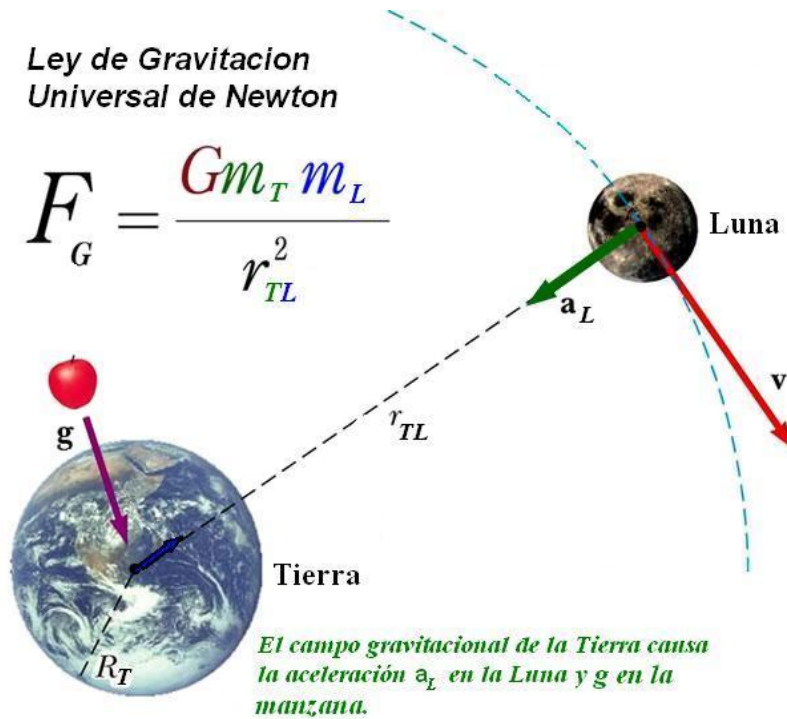
En el siglo XX la ley de la gravitación universal iba a ser cuestionada “*por el mayor físico teórico que jamás haya existido*”³⁷⁹ Albert Einstein (1879-1955) que “*construyó una teoría basada en dos postulados básicos. El primero, Principio de relatividad –presente ya en la mecánica de Newton-, mantiene que las leyes de la física no se ven afectadas por el hecho de que se las describa en sistemas de referencia inerciales diferentes, mientras que el segundo afirma que la velocidad de la luz es la misma en todos los sistemas de referencia inerciales; esto es, que es independiente del estado de movimiento del cuerpo que la emite, una suposición profundamente contraintuitiva y que violenta a la física newtoniana*”³⁸⁰. Desarrollando una teoría general del espacio, el tiempo y la gravedad que explicó en una obra publicada en 1916 denominada *Fundamentos de la teoría de la relatividad general*. La gravedad no es ya una fuerza o acción a distancia, como era en la gravedad newtoniana, sino una consecuencia de la curvatura del espacio-tiempo, la gravedad puede deformar el espacio y alterar la trayectoria de la luz, hecho que pudo demostrarse en 1919 gracias a un eclipse solar y la constatación de que las estrellas más cercanas al Sol habían acercado sus posiciones hacia él por el efecto de desviación de la gravedad solar.³⁸¹

³⁷⁸ Gribbin, John. *Op. Cit.* Pág. 163

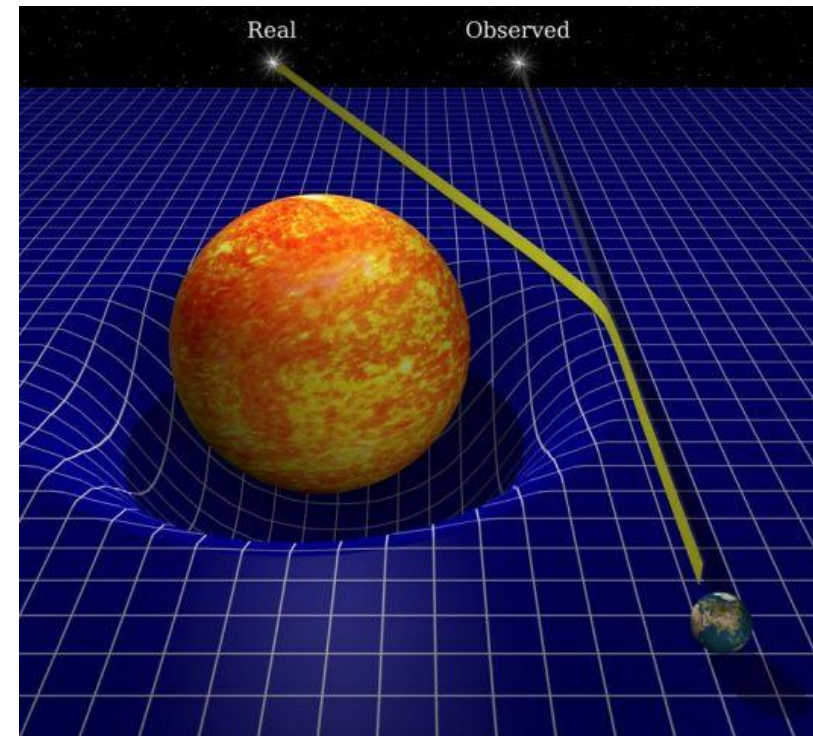
³⁷⁹ Hawking, Stephen. *Op. Cit.* Pág. 197

³⁸⁰ Artola, Miguel. Sánchez Ron, José Manuel. *Op. Cit.* Pág. 642

³⁸¹ Esta demostración fue realizada por dos expediciones organizadas por Sir Arthur Eddington (1882-1944) astrónomo y matemático británico que entendió la trascendencia de la propuesta realizada por Einstein. Las expediciones se realizaron en dos lugares del planeta donde se observaría el eclipse de Sol en su totalidad: África Occidental y Sudamérica constatando el desplazamiento de las estrellas cercanas al Sol.



299. Ley Gravitación Universal. Newton



300. Relatividad. Curvatura espacio-tiempo. Einstein

Antes de proponer su teoría general de la relatividad en 1916, Einstein desarrolló una serie de geniales ideas sobre materia y energía, movimiento y espacio, y, espacio y tiempo. Sería el año 1905 el que marcaría el inicio de su genial trayectoria como científico con la publicación de tres importantes trabajos sobre física teórica en la revista *Annalen der Physik*, en ellos explicaba el movimiento browniano, el efecto fotoeléctrico y desarrollaba la relatividad especial y la equivalencia masa-energía. A partir de 1911, Einstein investigará una nueva teoría acerca de la interacción gravitacional compatible con su teoría de la relatividad especial, la teoría de la gravitación universal de Newton no satisfacía los requisitos de la relatividad especial;

desarrollando, tal y como se ha comentado al principio, la teoría general de la relatividad. Inaugurando una nueva época para la comprensión del Universo y la cosmología³⁸², la astrofísica nace a partir del desarrollo de la espectroscopia y la cosmología moderna a partir de la teoría general de la relatividad, en la actualidad el estudio de la cosmología se centra en la física de partículas. El principal instrumento de la cosmología actual no son los telescopios, sino los grandes aceleradores de partículas; éstos, a través de colisiones entre los haces de partículas aceleradas, buscan nuevas partículas y sucesos que ayuden a resolver muchos misterios que aún quedan por aclarar. Volvemos a cerrar el macrocosmos con el microcosmos en una metáfora de un universo de simetría esférica, que cambia la geometría euclídeana por la geometría riemanniana, como el propuesto por Einstein para estudiar el campo gravitacional, con la intención última de comprender los principios que gobiernan el Universo y nuestro lugar en él (apéndice 10 punto 10.4).

6-4-6 EXPLORACIONES. EXPLORAR EL MAR

Desde la antigüedad el ser humano ha estado movido por una necesidad de entender su posición dentro del mundo que le rodea, es algo intrínseco a la condición humana, su pasión por conocer le ha incitado a la exploración y al descubrimiento de la Naturaleza buscando respuestas y razonando argumentos relacionados con el origen del mundo y su destino, con el origen

³⁸² La cosmología física, es la rama de la astrofísica que estudia la estructura a gran escala y la dinámica del Universo. En particular, trata de responder las preguntas acerca del origen, la evolución y el destino del Universo. La cosmología física, tal y como se comprende actualmente, comienza en el siglo XX con el desarrollo de la Teoría general de la relatividad de Albert Einstein y la mejora en las observaciones astronómicas de objetos extremadamente distantes. Estos avances hicieron posible pasar de la especulación a la búsqueda científica de los orígenes del universo y permitió a los científicos establecer la Teoría del Big Bang que se ha convertido en el modelo estándar mayoritariamente aceptado por los cosmólogos debido al amplio rango de fenómenos que abarca y a las evidencias observacionales que lo apoyan, aunque todavía existe una minoría de investigadores que presentan otros puntos de vista basados en alguno de los modelos cosmológicos alternativos. La cosmología física trata de entender las grandes estructuras del universo en el presente (galaxias, agrupaciones galácticas y supercúmulos), utilizar los objetos más distantes y energéticos (cuásares, supernovas y GRBs) para entender la evolución del universo y estudiar los fenómenos ocurridos en el universo primigenio cerca de la singularidad inicial (inflación cósmica, nucleosíntesis primordial y Radiación de fondo de microondas). http://es.wikipedia.org/wiki/Cosmolog%C3%ADa_f%C3%ADsica

de la vida en nuestro planeta Tierra, con la posibilidad de otros mundos y otros tipos de vida fuera de nuestro planeta,... En alguna ocasión incluso ha tenido la sensación de que estaba tocando el horizonte, un horizonte que en un principio estaba representado por la línea del horizonte marino del mar mediterráneo. Un antiguo pueblo de navegantes, los fenicios³⁸³, habían advertido que cuando un barco se alejaba de la costa, a la vista del observador que está en tierra desaparece primero el casco y luego, sucesivamente, las partes superiores del navío. Además observaron que al norte del Ecuador aparecen constelaciones distintas de las que se ven cuando se desciende hacia el Sur. Durante el solsticio de verano del año 240 a.C. Eratóstenes (276 a.C-194 a.C) observa la situación del Sol de mediodía en Syene (Asuán-Egipto) detectando que no proyecta ninguna sombra, sin embargo, en Alejandría el Sol está situado un poco al sur del cenit proyectando en el mismo instante las sombras de los objetos o las personas iluminadas por él. Midiendo el ángulo del Sol y la distancia entre las dos ciudades calculó la circunferencia de la tierra acercándose bastante a la cifra correcta. Sus resultados fueron descartados por sus contemporáneos al no concebir que la tierra fuese tan grande.

Las culturas mediterráneas se lanzaron a la exploración del planeta movidos por diversos motivos, entre los que cabría destacar principalmente las conquistas de otros territorios y la apertura de rutas comerciales hacia el Lejano Oriente, estableciéndose dos rutas comerciales hacia Oriente desde el Este: una, marítima, que partía de Egipto e Irak, y otra terrestre, la Ruta de la Seda.

³⁸³ Cuatrocientos años antes de Eratóstenes, una flota fenicia contratada por el faraón egipcio Neco había circunnavegado África. Se hicieron a la mar en la orilla del mar Rojo, probablemente en botes frágiles y abiertos, bajaron por la costa oriental de África, subieron luego por el Atlántico, y regresaron finalmente a través del Mediterráneo. Esta expedición épica les ocupó tres años, casi el mismo tiempo que tarda una moderna nave espacial Voyager en volar de la Tierra a Saturno. En Sagan, Carl. *Cosmos*. Editorial Planeta. Barcelona. 2004. Pág. 15.

*“Después del descubrimiento de Eratóstenes, marineros audaces y aventurados intentaron muchos grandes viajes. Sus naves eran diminutas. Disponían únicamente de instrumentos rudimentarios de navegación. Navegaban por estima y seguían siempre que podían la línea costera. En un océano desconocido podían determinar su latitud, pero no su longitud, observando noche tras noche la posición de las constelaciones con relación al horizonte. Las constelaciones familiares eran sin duda un elemento tranquilizador en medio de un océano inexplorado. Las estrellas son las amigas de los exploradores, antes cuando las naves navegaban sobre la Tierra y ahora que las naves espaciales navegan por el cielo.”*³⁸⁴

6-4-7 WEST ACROSS THE OCEAN SEA³⁸⁵

La exploración del planeta alcanzó un punto culminante durante el periodo comprendido entre los siglos XV y XVII, en esta época los navíos partían de Europa en busca de nuevas rutas comerciales y de nuevos intercambios mercantiles, aventurándose en territorios completamente desconocidos a través de un viaje por un océano repleto de peligros, incertidumbres y leyendas. El desconocimiento del medio marino desde la antigüedad atribuyó a los mares una serie de amenazas ocultas donde intervenían desde Dioses y seres mitológicos hasta indescritibles monstruos marinos. *La Odisea*,

³⁸⁴ Sagan, Carl. *Op Cit.* Pág. 15

³⁸⁵ *West Across The Ocean Sea*. Vangelis. CD. 1492 - *Conquest Of Paradise*. Warner Music. UK. 1992

escrita por el poeta griego Homero en el siglo VIII a. C., es un claro ejemplo de este tipo de fantasías y supersticiones, que tendieron a desaparecer con el tiempo a consecuencia del monoteísmo de las sociedades modernas, si bien, la religión construyó otros miedos con la intención de consolidar su poder hegemónico.



301. Mapa mundo conocido. S XV



302. Ballenas de la Carta Marina de Olaus Magnus, 1539

Esta etapa de descubrimientos iniciada a principios del siglo XV coincide con el inicio del renacimiento que marcó un periodo de profundos cambios en distintos ámbitos. Retornando a propuestas de la antigüedad clásica la arquitectura se adaptará a los órdenes clásicos, así como la escultura y la pintura que utilizará motivos formales y elementos simbólicos pasados pertenecientes a una mitología y una historia del periodo clásico. Asimismo surgirá una nueva relación con la Naturaleza, que va unida a una concepción ideal y realista de la ciencia donde las matemáticas se van a convertir en la principal ayuda del artista, apareciendo la perspectiva, con la intención última de fundamentar racionalmente su ideal de belleza

acercándose lo más cerca posible a la perfección de la representación de la imagen registrada por el ojo. Arte y ciencia se fusionan con la aspiración de acceder a la verdad que exhibe la Naturaleza, lo que lleva al artista a desarrollar una formación científica y artística y situando al hombre como medida de todas las cosas. En las ciencias Copérnico propone el heliocentrismo provocando un giro donde *“el ser humano comenzó a atribuirse toda la naturaleza como el ámbito de su dominio teórico y con ello a crear el fundamento de su poder práctico sobre ella”*³⁸⁶ dirigiéndose a una revolución científica que tendría su culminación con el descubrimiento de la ley universal de la gravitación y la publicación de los *Principia Mathematica* en el año 1687. Esta revolución era fruto de un largo y laborioso proceso reflexivo y de exploración del Universo a través de rudimentarios telescopios y cuidadosas observaciones; además provocó el rechazo y la intimidación de una iglesia que veía como se tambaleaba su doctrina, ya que esta revolución es

*“la constatación de que el Universo funciona según unos principios esencialmente mecánicos susceptibles de ser comprendido por los seres humanos, y que el mundo no está regido por la magia ni por los caprichos de unos dioses veleidosos”*³⁸⁷.

En los inicios del siglo XV los europeos aún tenían un conocimiento muy reducido del planeta. Su percepción se circunscribía a las regiones europeas y a los territorios que rodeaban el Mar Mediterráneo y el Mar Negro, lugares ya conocidos desde la antigüedad clásica. Por otra parte disponían de los testimonios de viajeros que durante el Medievo se habían internado

³⁸⁶ Navarro, Víctor, Ordoñez, Javier y Sánchez Ron, José Manuel. *Historia de la ciencia*. Colección Austral. Espasa Calpe. Madrid. 2003. Pág 223.

³⁸⁷ Gribbin, John. *Op. Cit.* Pág. 163

en el vasto territorio del continente asiático, explorando las Indias y el Lejano Oriente en busca de mercancías exóticas con las que comerciar en Europa. El resto del mundo era una incógnita para los europeos, apenas se sabía nada del centro y sur de África y no se conocía la existencia ni de América ni de Oceanía. La caída de Constantinopla en poder del Imperio Turco en el año 1453 interrumpió las rutas comerciales europeas con el extremo oriente a través de Asia induciendo la búsqueda de nuevas rutas comerciales con el Oriente. Al mismo tiempo se desarrollarán una serie de avances técnicos mejorando la navegación: la brújula, el cuadrante, el astrolabio y un nuevo tipo de navío más veloz y con más capacidad de almacenaje, la carabela; al mismo tiempo se realizarán nuevos mapas pensados especialmente para la navegación: las cartas portuláneas. A pesar de estos avances, las tormentas, la falta de higiene, la mala alimentación, las enfermedades y los piratas hacían que estos viajes fueran muy arriesgados y peligrosos; no obstante, estos contratiempos no detendrían las naves de las principales potencias europeas en su osada empresa a través de todos los mares y océanos del planeta derivando en el descubrimiento de nuevos mundos³⁸⁸, mares, culturas y riquezas, ampliándose el horizonte cultural y económico europeo de manera exponencial. A partir de este momento las expediciones a los lugares más remotos del planeta ofrecieron la oportunidad de embarcase a cualquier persona en un viaje hacia la exploración del planeta, los lugares más lejanos y recónditos comenzaban a parecer accesibles y cercanos.

³⁸⁸ En 1492 parte de España la expedición de Cristóbal Colón con la esperanza de encontrar una ruta que llegase al Océano Índico navegando hacia el Oeste, buscando una alternativa a la ruta de las especias y cumpliendo con el Tratado de Alcaçovas, que reservaba a Portugal el camino por el sur de África.

Colón no llegó a Asia, sino a un Nuevo Mundo, el continente americano.

La expedición marítima de Magallanes estuvo comandada por Fernando de Magallanes y, tras su muerte, por Juan Sebastián Elcano, es la primera circunnavegación exitosa del planeta. Partió desde España en 1519 con 5 barcos y regresó el año 1522 con 1 barco y 18 personas vivas.



303. Mapa portulano atlántico de Juan de la Cosa, 1500



304. Sextante

6-4-8 ILUSTRACIÓN Y EXPLORACIÓN

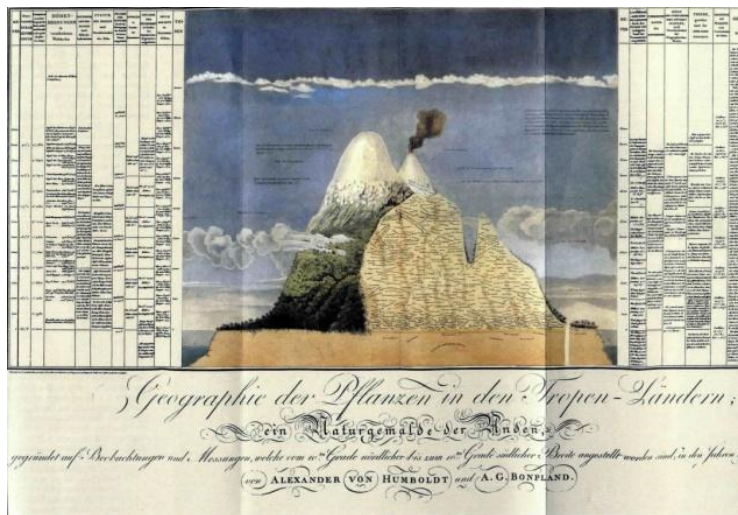
Entre 1799 y 1804 Alexander von Humboldt (1769-1859) da la vuelta al mundo explorando sus últimos horizontes; Humboldt estudió ciencias naturales y arqueología de América, entre otras disciplinas, para viajar a Sudamérica y América Central con la intención de explorarla a fondo. Durante su viaje recopiló gran cantidad de datos gracias al empleo de instrumentos geodésicos, magnéticos, astronómicos y otros instrumentos de medición: el barómetro, termómetro e higrómetro, tomando medidas y calculando posiciones. A partir de este momento ningún explorador viajará sin sus instrumentos y su cuaderno de anotaciones. Humboldt es un enciclopedista que domina todos los saberes de su época, es la última personificación de la voluntad humanista manifestada en el renacimiento y de la que se hace eco la Ilustración. A Humboldt le

sucedarán otros viajeros deseosos de observar la riqueza natural existente en la Tierra como Charles Robert Darwin (1809-1882) que, a bordo del bergantín *Beagle* de la Marina Real Británica, se embarcó en un viaje de cinco años de duración alrededor de la Tierra con la intención de investigar la geología, la fauna y la botánica del planeta mientras el *Beagle* realizaba su misión científica para medir corrientes oceánicas y cartografiar la costa de los continentes que surcaba a través del mar. Las experiencias, datos y especies recopiladas durante este viaje le llevaron a proponer, ventidós años después de su exploración marítima y terrestre a lo largo del mundo, una teoría que contradecía el mito del Génesis, que aún permanecía como una realidad acerca de nuestros orígenes como especie humana, en el que Dios creó el mundo y a todas sus criaturas en siete días, y Adán y Eva, nuestros padres, eran exactamente iguales a nosotros. Su libro *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life* (*El origen de las especies por medio de la selección natural, o la preservación de las razas favorecidas en la lucha por la vida*) publicado en 1859, afirma que las poblaciones evolucionan durante el transcurso de las generaciones mediante un proceso conocido como selección natural. Para lo cual presentó testimonios y muestras, que recolectó en su expedición en el viaje del *Beagle*, de que la diversidad de la vida surgió de la descendencia común a través de un patrón ramificado de evolución.

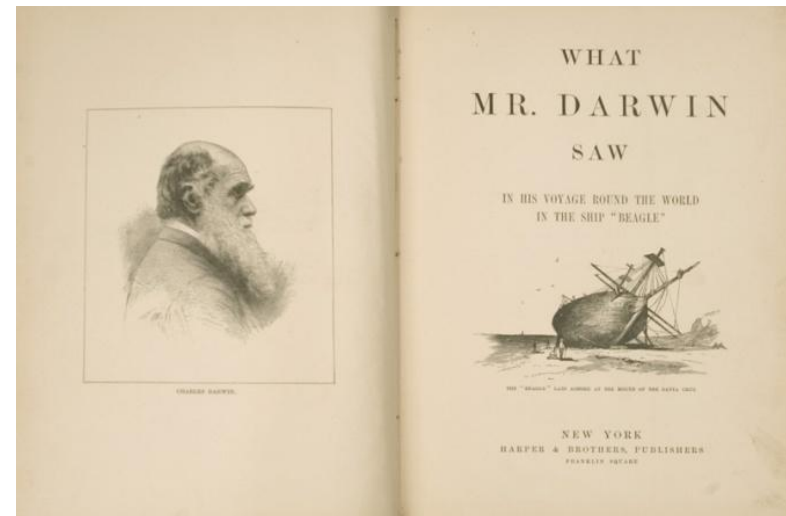
El mundo de certidumbre y orden comenzaba a desmoronarse, los viajes de exploración volvían a ofrecer nuevas maneras de conocer la realidad rompiendo con principios que se daban por establecidos. La exploración de la Tierra en su máxima extensión iba a ser una prioridad durante los siglos XVIII y XIX para una Europa que acababa de descubrir las leyes físicas que rigen el Universo, produciendo en el continente una sensación de poder sobre la naturaleza. Estos viajes estaban muy vinculados con la ciencia, las expediciones marinas a tierras lejanas estaban constituidas por la tripulación, con uno o

varios capitanes al mando con su correspondiente marinería, acompañados de varios científicos: cirujano–naturalista, geólogo, astrónomo, hidrógrafo, cartógrafo, farmacéutico-botánico,... y artistas que se encargaban de dibujar los hechos y objetos singulares ilustrando la expedición. En España la *Comisión Científica del Pacífico* fue la principal empresa científica ultramarina, en 1862 el Ministerio de Fomento decidió agregar un equipo de naturalistas a una escuadrilla naval, su misión era formar colecciones científicas que enriqueciesen los fondos de los museos españoles y contribuir a desarrollar el programa de aclimatación de animales y vegetales exóticos que fuesen útiles a la economía española. Un aspecto innovador de la *Comisión Científica del Pacífico* fue el de equipar con una cámara fotográfica al dibujante de la expedición Rafael Castro y Ordóñez³⁸⁹.

En la tierra se comenzaron a escalar altas montañas rodeadas de glaciares y nieves perpetuas, apartadas de las rutas y rechazadas por el hombre debido a su inaccesibilidad y desconocimiento.



305. El viaje científico de Humboldt



306. C. Darwin. Diario del Beagle. R. Darwin Keynes

³⁸⁹ Para más información consultar <http://www.pacifico.csic.es/uym3/xml.htm> [23-03-1013]

El alpinismo surgirá de la mano de un hombre rico e ilustrado llamado Horace-Bénédict de Saussure (1740-1799), botánico, filósofo, físico y geólogo; su afán de conocimientos le llevo a ofrecer una recompensa a quienes encontraran un camino practicable para llegar a la cumbre de la montaña más alta de Europa, el Mont Blanc de 4.808 metros de altura. En agosto de 1786 Michel-Gabriel Paccard (1757-1827), médico en Chamonix y científico, se unirá al cazador, buscador de cristales y primer guía de montaña Jacques Balmat (1762-1834). El 7 de agosto de 1786, a las 18 horas 23 minutos, llegan a la cumbre de la montaña más alta de Europa. Un año después Horace-Bénédict de Saussure cumplirá su sueño y alcanzará la cumbre del Mont Blanc, durante su ascensión y en la cima de la montaña medirá y anotará datos científicos sobre hechos biológicos, altitudes, velocidad del viento, humedad atmosférica, temperatura, generación y dinámica de los glaciares y formación de nubes. El alpinismo ha nacido como consecuencia de una ansiada búsqueda de conocimiento por parte del hombre, las montañas pueden revelar cuestiones como los orígenes de la tierra, la formación del relieve o el estudio de los seres vivos en altura y ambientes extremos, contribuyendo al desarrollo de las ciencias naturales. “*De Saussure fue un precursor, al unir ciencia, montaña y aventura. El alpinismo se gestaría en este afán de conocimiento antes que en el deportivo, que le seguiría más tarde.*”³⁹⁰ La ascensión a montañas en este ámbito científico es atribuida al ambiente artístico, ideológico y literario que se desarrollaba en Europa en la segunda mitad del siglo XVIII y al inicio del siglo XIX, replanteándose la relación

³⁹⁰ Martínez de Pisón, Eduardo. *El sentimiento de la montaña. Doscientos años de soledad*. Martínez de Pisón, Eduardo y Álvaro, Sebastián. Ediciones Desnivel. Madrid 2002. Pág. 43

entre el ser humano y la naturaleza “*la montaña va a servir al hombre para verse reflejado en ella, para hacerla objeto poético, para medirse con ella. Algo tan elemental y hermoso como inútil; privado de contenido materialista*”³⁹¹.



117. AUGUSTE -ROSALIE BISSON. Passage des Echeles (Ascent of Mt. Blanc), 1862.
Albumen print. Bibliothèque Nationale, Paris.



307-308. Hermanos Bisson. Ascension del Mont-Blanc, 1854.

Viajar a las montañas pasó a convertirse en algo esencial, se tenían que explorar las cadenas montañosas de Europa y de otros continentes, cruzar sus collados y alcanzar sus cumbres para observar el panorama. El espíritu romántico necesita conocer y descubrir el mundo continuando con la tradición científica del siglo XVIII, sin embargo convertirá la naturaleza en un mito. “*Un mito creado por la razón laica para sustituir los mitos religiosos de la historia antigua*”³⁹², desarrollándose dos nuevas categorías estéticas: lo sublime y lo pintoresco que colocan el paisaje natural como el género pictórico más destacado y a los

³⁹¹ Martínez de Pisón, Eduardo. *Op.Cit.* Pág 45

³⁹² Maderuelo, Javier. *Huesca: Arte y Naturaleza. Actas del I curso.* Septiembre 1995. Ediciones La Val de Onsera. Huesca 1995.

pintores Joseph Mallord William Turner (1775-1851) y Caspar David Friedrich (1774–1840) como sus representantes más sobresalientes.

6-4-9 LO BELLO Y LO SUBLIME

En *Los Placeres de la Imaginación*, Joseph Addison partía de la idea de que la contemplación de objetos o sus representaciones proporcionan placer a la imaginación: “sólo entiendo los placeres que nos dan los objetos visibles, sea los que tengamos actualmente a la vista, sea que se exciten sus ideas por medio de las pinturas, de las estatuas, de las descripciones u otros semejantes”³⁹³; y estos placeres son los que comunican “lo grande, lo nuevo y lo bello”. Luego la imaginación no sólo se satisface con la belleza, sino también con otro tipo de cualidades de los objetos, que proporcionan el placer correspondiente a las categorías estéticas de lo sublime, lo pintoresco y lo bello. Addison parte del *Tratado de lo sublime o de las maravillas en la oratoria* escrito por Nicolás Boileau-Despréaux en 1674, y éste a su vez, es prácticamente una traducción del tratado *Sobre lo sublime* de Pseudo Longino escrito en el siglo I d. C. La cuestión es la capacidad de emocionar y entusiasmar al público con el arte de la oratoria y la retórica, y al tratar de lo sublime lo define como: “aquello que tolera un análisis profundo contra lo cual resulta difícil o imposible rebelarse y que deja una huella imborrable en la memoria”³⁹⁴, es decir, es aquello que se impone por necesidad, no tolerando la ironía y causándonos respeto por su excesivo dramatismo. El elemento esencial de lo sublime es el

³⁹³ Addison. *Los Placeres de la Imaginación y otros ensayos*, «The Spectator» texto de Tonia Requejo, Visor. Madrid. 1991. Pág 131. Addison sentaría las bases de lo que sería, en el siglo XVIII, el movimiento romántico con su ensayo *Los Placeres de la Imaginación* publicado en el periódico *The Spectator* en el año 1712. En este ensayo introduce dos ideas fundamentales, a posteriori, en la teoría del arte: por un lado muestra la imaginación como fuente principal de la actividad creadora, frente a las reglas artísticas impuestas por el clasicismo racionalista; por otro, esboza las cualidades estéticas de lo sublime y lo pintoresco que, en un futuro muy cercano, tendrán gran protagonismo.

³⁹⁴ Pseudo Longino *Sobre lo Sublime*, Gredos. Madrid. 1979. Pág 170.

Phatos o capacidad de transmitir emociones para lo que se necesita una pasión vehemente y entusiasta, así como un gran talento para concebir pensamientos elevados.

Addison será el primero en trasladar las figuras retóricas a un lenguaje visual donde un objeto grande tiene el poder de dejar esa huella imborrable en nuestra memoria, ya que llena totalmente nuestra mente, y aunque sus dimensiones sean finitas, nuestros sentidos lo perciben como infinito y nos sobrecogemos ante tal visión:

*“Por grandeza no entiendo solamente el tamaño de un objeto peculiar, sino la anchura de una perspectiva entera considerada como una sola pieza. A esta clase pertenecen las vistas de un campo abierto, un gran desierto inculto, y las grandes masas de montañas, elevados riscos y precipicios, y una vasta extensión de aguas [...]. Caemos en un asombro agradable al ver tales cosas sin término; y sentimos interiormente una deliciosa inquietud y espanto cuando las aprehendemos “.*³⁹⁵

La *Indagación filosófica sobre el origen de nuestras ideas acerca de lo sublime y de lo bello*, que Edmund Burke escribió en 1757, es la más completa exposición del concepto sublime. Burke describe los objetos que causan ese sentimiento y las emociones que provocan en el sujeto que los contempla, que suele ser desigual, ya que se siente a la vez atraído y repelido por el objeto. Del temor, que es universal, nacen las causas del deleitoso horror en que consiste la percepción de lo sublime:

³⁹⁵ Pseudo Longino *Op Cit.* Págs 138-139

“Todo lo que resulta adecuado para excitar las ideas de dolor y peligro, es decir, todo lo que es de algún modo terrible, o se relaciona con objetos terribles, o actúa de manera análoga al terror, es una fuente de lo sublime; esto es, produce la emoción más fuerte que la mente es capaz de sentir”³⁹⁶.

Burke habla del temor, la ambición, el poder, la privación, la vastedad, la luz, la infinitud, etcétera, como formas de percepción de lo sublime, pero esta presencia estética es un espectáculo que se nos ofrece como meros espectadores ya que, si nos convertimos en sus protagonistas, la sublimidad desaparecerá convirtiéndonos en supervivientes de una situación pavorosa.

6-4-10 LA EXPERIENCIA SUBLIME Y EL PAISAJE ROMÁNTICO

A partir de la *Indagación filosófica sobre el origen de nuestras ideas acerca de lo sublime y de lo bello* los artistas se lanzaron a la exploración de lo sublime en la naturaleza, buscando principalmente todo aquello que por su magnitud o carácter era capaz de impresionar la imaginación despertando sentimientos de miedo, vértigo, vacío e infinitud en el sujeto. Las montañas, la infinitud del mar, las fuerzas desatadas de la naturaleza y el cosmos fueron los grandes temas tratados por los pintores románticos: Turner, Koch, Caspar Wolf o Caspar D. Friedrich. En su contemplación se encontraron esa disparidad de emociones comentadas anteriormente, asimismo buscaron parajes solitarios e inhóspitos poblados de ruinas medievales, para lo cual tuvieron que salir en busca de nuevos territorios y explorarlos, por lo que el viaje cobró una importancia vital en la formación del pintor; convirtiéndose en una experiencia individual y transcendente, donde el viajero abría todos los sentidos a

³⁹⁶ Pseudo Longino *Op Cit.* Pág 29

las impresiones recibidas por los objetos, paisajes y personas con las que se encontraba en el camino. La mayoría de los viajeros eran aristócratas escritores o artistas, personas de una gran cultura en general: Goethe, Stevenson, Heinrich Heine, Melville, Kipling, Oscar Wilde, Turner, Flaubert,... que anotaban sus experiencias en los diarios de viajes, ya que viajar significaba un acontecimiento de gran trascendencia para la formación y la vida de un hombre en esta época. El diario era una forma personal de documentar una experiencia insólita en la mayoría de las personas, puesto que solo unos pocos tenían el privilegio de lograr partir hacia otros lugares en busca de nuevas experiencias y sensaciones. Algunos editores publicaban estos diarios, pues eran relatos que se vendían bien ya que hacían soñar a quienes los leían y que posiblemente nunca podrían realizarlos. Schopenhauer escribe sus *Diarios de viaje de los años 1803-1804*, en ellos narra el viaje que realizó en compañía de sus padres por Europa y que formaba parte de su educación como futuro comerciante al cargo de los negocios de su padre³⁹⁷. Para él fue el descubrimiento de un mundo que solo conocía a través de los libros. En uno de sus diarios podemos descubrir un pasaje que nos narra la subida al monte Pilatus el día 3 de julio de 1803³⁹⁸:

*“A las diez alcanzamos finalmente la cima. Justo desde que dejamos el
boscoso promontorio se había ido engrandeciendo el panorama: pero ahora lo tenía
ante mí en toda su infinitud e indescriptible esplendor... Tal panorama, cualquier
vista de alta montaña, posee tan extraordinaria magnificencia que en modo alguno*

³⁹⁷ Como bien es sabido se dedicaría al estudio de las lenguas clásicas y a la profundización en el campo de las ciencias y en concreto de la filosofía. Pero su padre, Heinrich Floris Schopenhauer, se esmeró en la educación de su único hijo con el fin de que a su muerte heredara sus fructíferos negocios con lo cual le propuso al hijo este viaje, de un año de duración, con la promesa de que a su vuelta continuara con su educación como futuro hombre de negocios. Pero al poco de volver del viaje el padre murió y su madre, Johanna Schopenhauer, le liberó de la promesa y le dejó dedicarse a las ciencias y la filosofía.

³⁹⁸ Schopenhauer, A 1988 *Reisetagebücher*, ed. Ludger Lütkehaus, Zurich, Haffmans Verlag. (Basada en la primera de los diarios de viaje: *Reisetagebücher aus den Jahren, 1803-1804*. Leipzig, F.A.Brockhus, 1923). *Viajes: del vagabundo al post-turista*. Selección en Revista de Occidente nº 193 Junio 1997.

puede ser conceptualizada. Resulta tan diferente que es imposible hacerse una idea clara de ella antes de haberla visto. Las cosas pequeñas desaparecen, manteniendo sólo las grandes su figura. Todo se transforma en otra cosa; no se ve ya un conglomerado de objetos separados, sino un inmenso y espléndido cuadro multicolor sobre el que el ojo se detiene con indescriptible placer”.

Schopenhauer describe el paisaje a través de la literatura como una revelación y una experiencia sublime al concluir:

“El mundo contemplado así, desde arriba, es un espectáculo tan sublime que no me cabe la menor duda de que para quien se siente abrumado de penas y cuidados es el más consolador de todos”³⁹⁹.

La única herramienta de la que dispone para transmitir sus sensaciones es la palabra escrita. Otros artistas románticos tomaban apuntes y realizaban bocetos para poder *atrapar* el paisaje.

William Turner realizará, en 1802, un viaje a Suiza, recorriéndola a pie o a lomos de una mula, pudiendo contemplar el macizo del Mont Blanc, el paso de San Gotardo o las cascadas de Schaffhausen en el Rhin. De este viaje obtendría apuntes, bocetos y estudios de los lugares visitados que le sirvieron para, dos años después, exhibir una treintena de obras inspiradas en el viaje a Suiza en la galería que había construido dentro de su casa en Harley Street. Una de esas obras, en la que se muestra el espectáculo imponente y majestuoso de los Alpes y sus glaciares, es *Mer de Glace (Mar de hielo)*. Asimismo realizó otras obras como *El paso de San Gotardo* (1804) o *El salto del Rhin en Schaffhausen* (1806). El motivo principal de su viaje era

³⁹⁹ Schopenhauer, A. *Op.Cit.*

la búsqueda de lo sublime en la naturaleza, ya que las montañas, según su opinión, comunicaban las fuerzas primordiales ante las cuales el hombre experimentaba un doble sentimiento de espanto y profunda conmoción. En su primera etapa continúa con la tradición neoclásica de representar un argumento literario o histórico, integrando la escena en un paisaje donde las fuerzas de la naturaleza se manifiestan con una fuerza increíble. En *Tormenta de nieve: Aníbal y su ejército atraviesan los Alpes*, pintado en 1812, Turner muestra un ejército insignificante frente al poder de la naturaleza; *Avalancha en los Grisones*, (1810) es de la misma manera una búsqueda romántica de lo sublime como contemplación de la fuerza irresistible y destructora de la naturaleza, frente a la cual el hombre se siente débil e indefenso.



309. Turner. *Mer de Glace*, 1812.



310-311. Turner. *Devil's Bridge, Mt St Gothar*, 1804



312. Turner. *Avalancha en los Grisones*, 1810

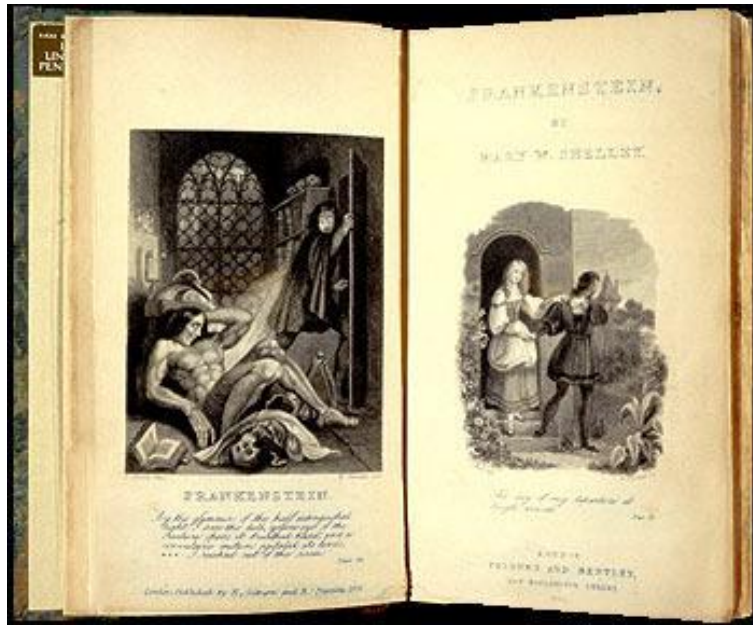


313. Turner. *Aníbal y su ejército atraviesan los Alpes*, 1812

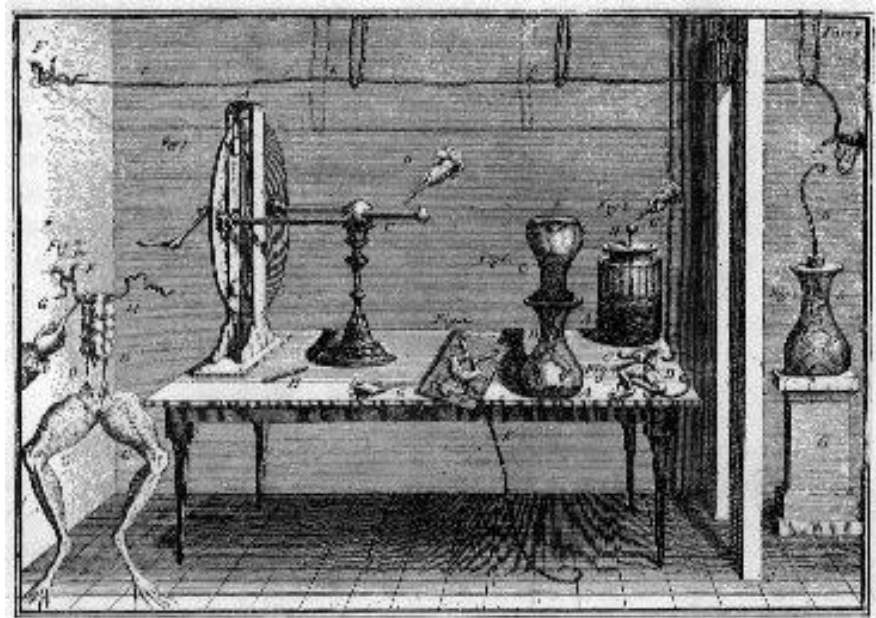
6-4-11 CIENCIA BAJO SOSPECHA. LO INCOGNOSCIBLE

El artista romántico va en busca de experiencias sublimes en un medio natural extremo, la montaña o el mar, con la intención de experimentar las vivencias más intensas de su existencia, posteriormente tratará de expresarlas en un lienzo, una poesía o una composición musical. El romanticismo renovará la literatura, las artes, el pensamiento y las costumbres en el continente europeo, revalorizando el individualismo, el espiritualismo y el historicismo, concibiendo la vida como una lucha constante entre diversos elementos tranzándose así no un camino lineal y ordenado, sino una trayectoria tortuosa, cargada de obstáculos y dudas. Tampoco la naturaleza permaneció como un sencillo mecanismo reducido a ecuaciones y formas matemáticas, la naturaleza apareció como una misteriosa entidad incomprensible, que en ocasiones muestra su aspecto más

aterrador y terrible. No es de extrañar la aparición en este contexto histórico de la obra *Frankenstein o el moderno Prometeo* escrita por Mary Shelley (1797-1851) y publicada el año 1818. La escritora se inspiró en la electricidad como manifestación sublime de la naturaleza; observada como un fenómeno natural por el ser humano desde la antigüedad, en la época de Shelley la electricidad comenzaba a ser analizada a través del método científico, realizándose las primeras aportaciones relevantes en esta nueva ciencia, como la desarrollada por el físico italiano Alessandro Volta (1745 –1827) el cual con dos discos metálicos separados por un conductor húmedo y unidos con un circuito exterior logra por primera vez producir una corriente eléctrica continua que puede ser transferida a otros objetos, conduciéndole posteriormente, en 1800, a la invención de la pila o batería eléctrica. La electricidad se generaba de manera artificial y voluntaria aplicándose a objetos con el fin de observar su respuesta a la corriente eléctrica. El médico y físico Luigi Galvani italiano (1737-1798) comenzó a investigar los efectos de la electricidad en los músculos de los animales y de manera accidental descubrió que las patas de una rana se contraían al tocarlas con un objeto cargado de electricidad desarrollando una extensa investigación sobre el papel que desempeña la electricidad en el funcionamiento de los organismos animales. Shelley, que estaba al corriente de estos sucesos ocurridos en el campo de la ciencia, imaginó el poder de la electricidad para revivir cuerpos ya inertes escribiendo su novela *Frankenstein* reelaborando el mito de diferenciación entre la humanidad y la naturaleza, por el conocimiento y la técnica, y el castigo que ello conlleva.



314. Mary Shelley, *Frankenstein*, edición de 1831



315. Experimento de Galvani, 1789

El acercamiento y profanación de una naturaleza oculta e incognoscible merecía un castigo, como el representado por el pintor Caspar David Friedrich (1774 –1840) en su obra *El mar de hielo (El naufragio del Esperanza) (Das Eismeer)* 1823-1824. El cuadro está inspirado en la incursión del hombre en uno de los últimos lugares que aún quedaban por descubrir en la Tierra, el Polo Norte, interpretando unas expediciones que están más cerca de la metáfora que de la realidad. La nave *Griper* de Sir Willian Parry y su incursión en el ártico durante el invierno de 1819-1820 aparecen en la obra como si hubiese sucedido un grave naufragio, acontecimiento que no llegó a producirse. La nave desaparece entre las enormes placas de hielo donde se pueden apreciar fragmentos pertenecientes a los mástiles de la embarcación, el naufragio como símbolo de la fragilidad

humana frente a una naturaleza desatada y violenta; la soledad y desasosiego del hombre frente a la ilimitada vastedad del mar y del cielo están representados en *Monje a la orilla del mar* (*Der Mönch am Meer*) (1808-1810) y en *El caminante sobre el mar de nubes* (*Der Wanderer über dem Nebelmeer*) (1818) donde una solitaria figura está absorta en la contemplación de la infinitud del paisaje.



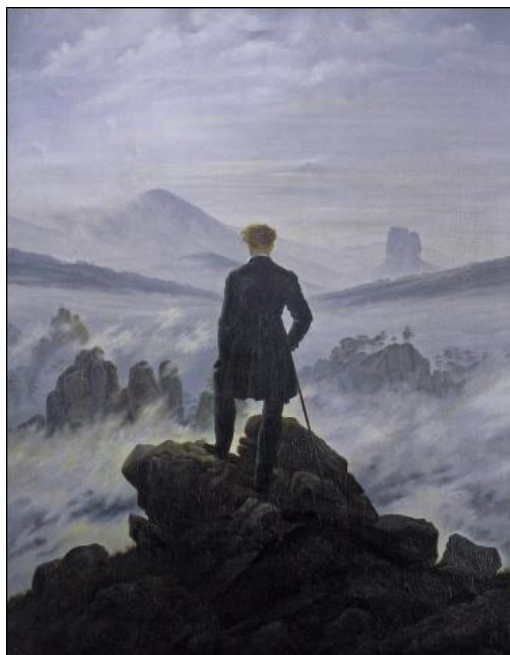
316. Friedrich. *El mar de hielo*, 1824



317. Friedrich. *Monje a la orilla del mar*, 1810

La pequeñez del hombre frente a la infinitud de la naturaleza está acentuada por las dimensiones de las figuras empequeñecidas en comparación con la grandiosidad de su entorno. Estos presupuestos estéticos son extendidos a la inmensidad del mar, tal y como comenta Heinrich von Kleist en sus *Sentimientos ante un paisaje marino de Friedrich*: “En la

*soledad infinita, en la orilla, es hermoso avizorar bajo el cielo turbio un ilimitado desierto marino*⁴⁰⁰. Por extensión lo sublime también será lo infinito. “*La infinidad tiene una tendencia a llenar la mente con aquella especie de horror delicioso que es el efecto más genuino y la prueba más verdadera de lo sublime*”⁴⁰¹. El infinito puede ser el mar ya que para Burke “*nuestros ojos no son capaces de percibir los límites de muchas cosas, éstas parecen ser infinitas, y producen los mismos efectos que si realmente lo fueran*”⁴⁰², es en estas representaciones pictóricas de paisajes marinos donde sólo existe la infinidad del mar donde el lugar se convierte en paisaje sublime.



318. Friedrich. *Caminante sobre el mar de nubes*, 1818



319. Friedrich. *Salida de la Luna sobre el mar*, 1822

⁴⁰⁰ Kleist, H.v, *Sämtliche Werke und vier Banden*. En *Fragmentos para una teoría romántica del arte*. Antología y edición Javier Arnaldo, 1994. Tecnos. Madrid.

⁴⁰¹ *Op Cit.* Pág 54

⁴⁰² *Op Cit.* Pág 54.

En aquel momento se desconocía totalmente la inmensidad del Universo, ni tan siquiera se conocía la existencia de las galaxias y hacia relativamente poco tiempo, en 1781, que William Herschel había descubierto Urano, Neptuno se descubrirá en 1846. Los astrónomos se guiaban por las leyes de Newton que demostraban un modelo de sistema solar estable y autorregulado donde se podía predecir cualquier acontecimiento, definiendo así la idea de orden en el Universo.

“La revolucionaria nueva astronomía, que descubría un extenso Universo infinito, dinámico y, a veces imprevisible comenzó a configurarse hacia 1860, y con el tiempo, sustituyó a la cosmología posicional”⁴⁰³.

Las regiones polares causaban una gran fascinación entre los exploradores que querían medir sus fuerzas en un lugar imponente y remoto, continuado a lo largo del siglo XIX y alcanzando su plenitud a finales del mismo y a principios del siglo XX, donde se representan y realizan las primeras grandes travesías modernas, promovidas por una pasión por conocer y alcanzar lugares que pocos o ningún hombre occidental ha visitado. Argumentando su fascinación por la antropología, la geografía, las ciencias naturales o la arqueología los expedicionarios, acompañados la mayoría de las ocasiones de fotógrafos que desempeñaban las tareas antes realizadas por ilustradores y dibujantes, llegaron al Polo Norte y al Polo Sur; intentaron en varias ocasiones el asalto a la montaña más alta del planeta, el Monte Everest, sin conseguirlo; descubrieron la tumba de Tutankhamon; la bíblica ciudad de Ur en Mesopotamia; la cultura Maya y las Cuevas de Altamira; entre otras muchas hazañas.

⁴⁰³Larson, Barbara. *La nueva astronomía y la expansión del cosmos: la perspectiva de Francia a finales del siglo XIX*. En *Cosmos. Del romanticismo a la vanguardia 1801-2001*. Jean Clair. Centro de cultura contemporánea de Barcelona 1999. Pág. 148.

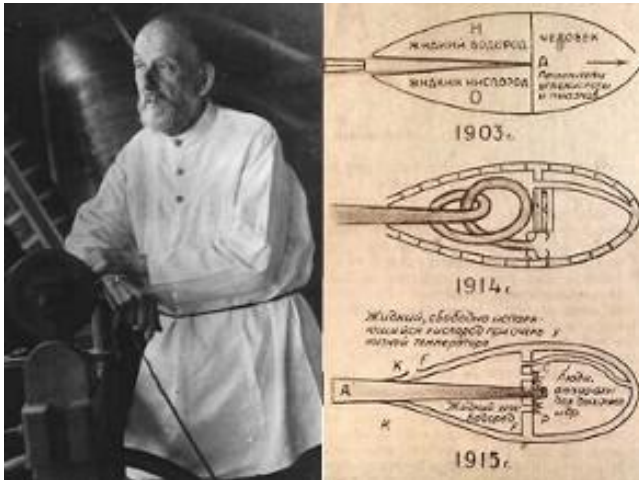
No será hasta mediados del siglo XX cuando comience la exploración del espacio por parte de astronaves que permiten, en un principio colocar satélites artificiales, para posteriormente trasladar al hombre de la Tierra a la Luna.

6-4-12 EXPLORACIÓN CÓSMICA. SUPREMATISMO CÓSMICO

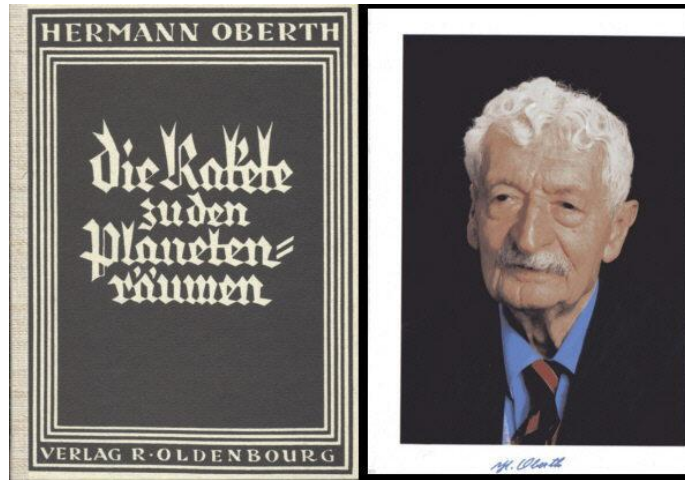
"*La Tierra es la cuna de la humanidad pero el hombre no puede quedarse para siempre en la cuna*"⁴⁰⁴ escribió en 1911 Konstantin Tsiolkovski (1857-1935) un maestro de escuela ruso que estableció en 1903 las ecuaciones básicas para poder lanzar un cohete al espacio exterior, asimismo previó la necesidad de utilizar varios cohetes de combustible líquido y la fabricación por fases de todo el sistema necesario para viajar al espacio. Basándose en los modelos teóricos desarrollados por Kepler y Newton, Tsiolkovski pudo elaborar casi la totalidad de la teoría del vuelo espacial que explicará en el año 1903 en su libro "Исследование мировых пространств реактивными приборами" (*Exploración del espacio cósmico por medio de motores de reacción*) donde expone detalladamente la posibilidad de viajar al espacio exterior gracias a la recientemente descubierta tecnología de los motores a reacción. El profesor universitario Robert Goddard (1882-1945) llegará a las mismas conclusiones que el teórico ruso de manera independiente y a través de experimentos prácticos con cohetes. En 1926 consiguió que volara el primer cohete propulsado con combustible líquido: oxígeno líquido y gasolina, alcanzando una altura de 12,5 metros en dos segundos. En 1923, el físico alemán Hermann Oberth (1894-1989), desconociendo el trabajo de su colega ruso, publica un libro similar al de Tsiolkovsky bajo el nombre "*Die Rakete zu den Planetenräumen*" (*Al espacio en cohete*) que difundió la posibilidad del viaje espacial como una realidad surgiendo en todo el mundo muchas sociedades interesadas en esta

⁴⁰⁴ http://www.ces.gva.es/pdf/trabajos/articulos/Revista_56/art2.pdf [4-04-2012]

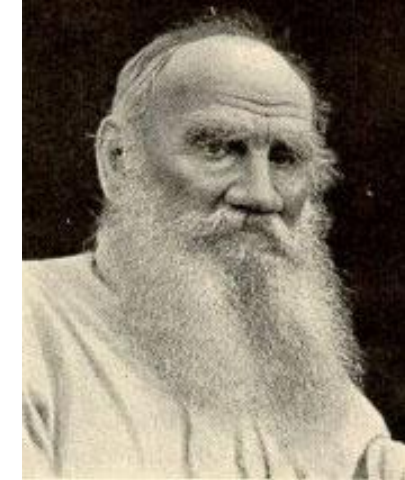
actividad. En Alemania, una de estas sociedades, la *Verein für Raumschiffahrt* (Sociedad Alemana de Viajes Espaciales) llevó a la fabricación del cohete V-2, utilizado posteriormente para bombardear Londres durante la II Guerra Mundial. Al finalizar ésta, científicos e ingenieros alemanes habían elaborado proyectos para la construcción de misiles capaces de cruzar el Océano Atlántico basándose en el cohete V-2, cayendo en manos de los aliados que, al darse cuenta de su potencial, pusieron en marcha toda una gama de programas experimentales que acabaron abriendo el camino a la exploración del espacio exterior y al vuelo tripulado.



320. K. Tsiolkovski y su motor a reacción



321. H. Oberth y su libro *Al espacio en cohete*.



322. Fyodorov

Nikolai Fyodorovich Fyodorov (*Fedorov*) (1828-1903) maestro, filósofo y bibliotecario ruso, con amplia formación científica, fundó el movimiento cósmico en la filosofía rusa a principios de siglo XX. Sus ideas acerca del restablecimiento de la vida a los antepasados y la conquista de *nuevas tierras* en el cosmos para dar cabida a los resucitados, a través del

conocimiento científico y el desarrollo tecnológico⁴⁰⁵, influenciaron a una pequeña élite intelectual y artística, entre los cuales se encontraban Tolstói, Soloviov, Tsiolkovsky, Dostoyevski, Tsiolkovski que fascinado por sus propuestas desarrolló la posibilidad teórica del viaje espacial confirmando el principio de la propulsión a reacción en el espacio exterior, y Malévich que creyó firmemente en la transformación cósmica del mundo. En su *Filosófiya óbshego dela (filosofía de la causa común)*, publicado en 1906, tres años después de su muerte, “*proporcionaba un argumento sobre la inevitable entrada de la humanidad en el cosmos, la conquista de nuevos hábitats, y la transformación del sistema solar y del espacio exterior*”⁴⁰⁶. La actividad humana no debe localizarse únicamente en el planeta Tierra, la salida al cosmos vendrá a satisfacer el interés general y común de todos los seres humanos ya que ante las fuerzas cósmicas cesan todos los demás intereses, entrando en una nueva dimensión que ya no es sólo terrenal, sino cósmica.

“Seguramente se debe a la influencia de Fedorov, y no simplemente al desarrollo natural del conocimiento, que el cometido más apremiante de la ciencia y la tecnología en Rusia durante las últimas tres décadas del siglo XIX fuera la consecución de un vuelo pilotado en la atmósfera y el espacio exterior”⁴⁰⁷.

⁴⁰⁵ “El genetista George Church plantea resucitar al neandertal, la otra especie humana e inteligente, y formar una colonia de individuos” Javier Sampedro *Neander Park*. Noticia aparecida en el diario El País el día 23 de enero de 2013. Págs 30-31

⁴⁰⁶ Kazus, Igor. *La idea de arquitectura cósmica y la vanguardia rusa a principios del Siglo XX. Cosmos. Del romanticismo a la vanguardia 1801-2001* Jean Clair. Centro de cultura contemporánea de Barcelona 2001. Pág. 172

⁴⁰⁷ Kazus, Igor. *Op. Cit.* Pág. 172

Desarrollándose en el terreno de las artes un nuevo movimiento que, basándose en misticismos pero tomando como inspiración el desarrollo tecnológico y científico, planteará una nueva forma de arte, El Suprematismo, que como ya se ha mencionado a lo largo de esta tesis fue liderado por el pintor y teórico ruso Kazimir Malévich (1878-1935) que fundamentó su teoría suprematista “*en el cuadrado como base del pensamiento abstracto formal*”⁴⁰⁸ como *forma cero* de un nuevo arte que indicaba “*el fin del arte figurativo tradicional y la transición de éste a su fase abstracta*”⁴⁰⁹. El cuadrado negro como forma primigenia y absoluta aparece sobre un fondo blanco como metáfora de un espacio infinito y por descubrir, a partir del cuadrado se generarán las figuras básicas suprematistas: el círculo y la cruz desarrollándose, en una primera fase, una serie de pinturas suprematistas que acabarán convergiendo con la arquitectura desplazándose “*al vasto dominio de los estudios destinados a crear un nuevo urbanismo planetario: habla de ciudades-satélite y de sistemas enteros propulsados al espacio, de todo un mundo nuevo cuya existencia se justifica por la libre navegación de elementos suprematistas*”⁴¹⁰ planteando un modelo de arquitectura completamente nueva, un tipo de estructura cósmica que estará integrada formando un cuerpo suprematista o *Sputnik*, equipado por la razón y perteneciente a una organización, llegando de esta manera al concepto de *máquina suprematista* y a sus aero-ciudades construidas a base de ciudades-planeta asumiendo “*a priori que la ciencia y la tecnología permitirían la futura creación de ciudades-satélite flotantes que se desplazarían libremente sobre la Tierra*”⁴¹¹. Visionarios e inspiradores de la exploración espacial Fedorov, Tsiolkovski y Malévich se anticipan al final del siglo XX y al inicio del siglo XXI

⁴⁰⁸ Goriacheva, Tatiana. *Suprematismo y constructivismo: paralelismos y entrecruzamientos*. Catálogo exposición *Vanguardias rusas*. Museo Thyssen- Bornemisza. Fundación Caja Madrid. Madrid 2006 Pág.79

⁴⁰⁹ Goriacheva, Tatiana. *Op. Cit.* Pág. 79

⁴¹⁰ Nakov, Andréi en *Malévich, Kazimir. Escritos*. Ediciones Síntesis. 2007. Madrid. Pág 296

⁴¹¹ Kazus, Igor. *Op. Cit.* Pág. 174

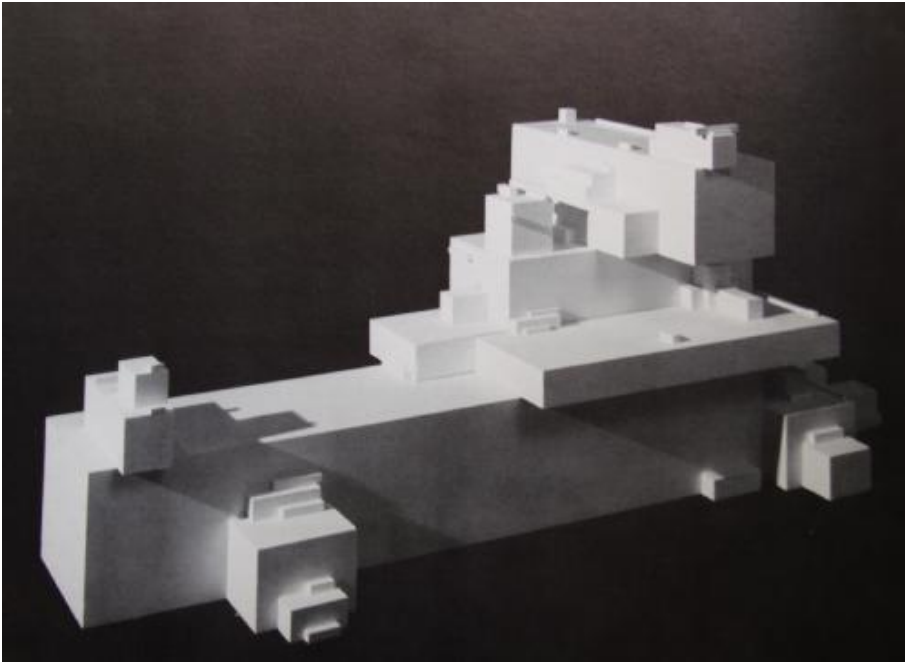
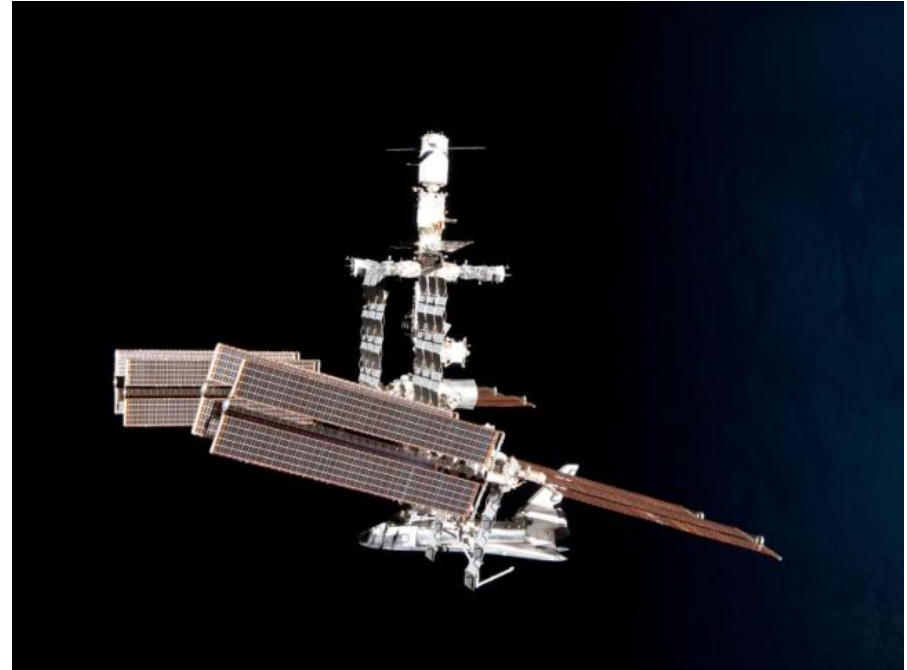
con sus propuestas, que conducirán al lanzamiento del primer objeto de fabricación humana que orbitará la Tierra, a la llegada del hombre a la Luna, a la exploración de Marte por medio de robots o a la construcción de La Estación Espacial Internacional (EEI) (*International Space Station* o *ISS*) una pequeña arquitectura suprematista que funciona como un centro de investigación en la órbita terrestre a 400 km de la Tierra.



323. Estación Espacial Internacional ISS



324. Malévich *composición suprematista*, 1916

325. Malévich. *Arquitecton*, 1920

326. Estación Espacial Internacional ISS

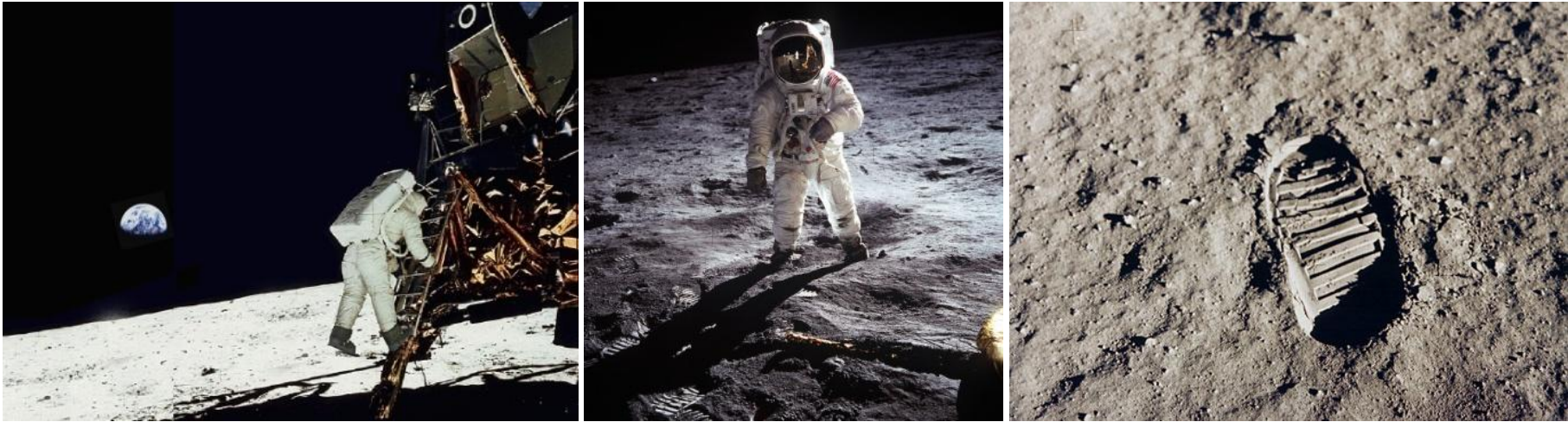
Serguéi Korolev (1906-1966) ingeniero soviético, pionero de los experimentos en la construcción de misiles y en la investigación aeroespacial en Rusia, planteó, inspirado por el trabajo y las ideas de Tsiolkovski, la posibilidad de lanzar un satélite terrestre artificial. En octubre de 1957 se lanzó el *Sputnik 1* que permaneció en órbita alrededor de la Tierra hasta enero de 1958, era la primera vez que un objeto construido por el ser humano era lanzado al espacio orbitando la Tierra a una distancia de 938 km en su apogeo, el punto más alejado en una órbita elíptica alrededor de la Tierra. El éxito de la misión llevaría al espacio al primer ser vivo en orbitar la tierra; el *Sputnik 2* transportaba una perra llamada Laika que sobreviviría al lanzamiento, pero moriría a las pocas horas a causa del estrés y del sobrecalentamiento de la cabina donde viajaba, su

sacrificio permitió obtener los primeros datos del comportamiento de un organismo vivo en el medio espacial. La exploración espacial emprendida por los soviéticos se transformó en *carrera espacial* por ser el primero en poner en órbita a un ser humano, y sumarse a la exploración los Estados Unidos al enviar al espacio en 1958 el primer satélite estadounidense y crear en el mismo año la NASA (*National Aeronautics and Space Administration*) *Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio*. La URSS lanzó satélites para que orbitaran el Sol y la Luna y en 1961 lanzó el *Vostok I* llevando a bordo al cosmonauta Yuri A. Gagarin (1934-1968), que recorrió una órbita alrededor de la Tierra, convirtiéndose en el primer ser humano en salir al espacio. Los estadounidenses pondrían en órbita a John G. Glenn Jr. Un año después, los soviéticos responderían colocando en órbita la primera mujer, la cosmonauta Valentina Tereshkova que dio cuarenta y ocho órbitas completas a la tierra. Igual que las naciones europeas competían durante los siglos XV y XVI por la exploración de la tierra a mediados del siglo XX las dos potencias mundiales surgidas al acabar la II Guerra Mundial se enfrentaban a un objetivo común y con la misma disposición que antaño asumían los expedicionarios, la exploración del espacio.

6-4-13 DE LA TIERRA A LA LUNA....Y MAS ALLÁ

La *carrera espacial* se precipitó cuando los competidores, Estados Unidos y la URSS, determinaron un objetivo común: la Luna; exigiéndoles una inversión muy alta para la realización de vuelos experimentales e investigación en muchos campos de la ciencia. El éxito sería para la misión Apolo 11 de la NASA, sus componentes lograrán realizar el primer alunizaje tripulado en la superficie de la Luna. El comandante de la misión Neil Armstrong (1930-2012), fue el primer ser humano que pisó la

superficie lunar el día 21 de julio de 1969 pronunciando su famosa frase: *That's one small step for man, one giant leap for mankind* (Un pequeño paso para un hombre, un gran salto para la Humanidad).



327. Imágenes de la expedición a la Luna Apolo 11, 1969

Desde este momento se han llevado a cabo multitud de lanzamientos proporcionando conocimientos de gran valor acerca de los planetas y del espacio, enunciarlos todos en esta tesis sería una tarea ardua y sin mucho sentido, por ello, destacaré brevemente unos pocos acontecimientos que tienen relación con la investigación antes de continuar con el siguiente punto⁴¹².

- 31 de mayo de 1975. Nace en París la *Agencia Espacial Europea* (ESA). Muchas de las imágenes de esta tesis proceden de aquí.

⁴¹² Información extraída fuentes: http://www.nasa.gov/mission_pág.es/msl/index.html [15-04-2012], *Tecnología y ciencias aplicadas. Formas tradicionales y modernas*. Eriabu Lugujo. *Historia de la humanidad. El siglo XX*. Editorial Planeta. Madrid. 2004. Págs 259-263.

- 25 de abril de 1990. La lanzadera *Discovery* colocará en órbita el observatorio astronómico *Hubble Space Telescope* (HTS). Muchas de las imágenes de esta tesis proceden de aquí.
- 4 de julio de 1997. La sonda *Mars Pathfinder* (NASA) alcanza la superficie de Marte y ofrece las primeras imágenes desde el suelo marciano
- 2 de noviembre de 2000. Dos astronautas rusos, Serguei Krikaliov y Yuri Guidzenko, y uno estadounidense, William Shepard, son los primeros habitantes de la *Estación Espacial Internacional*, que se puso en órbita en 1998.
- el 26 de noviembre de 2011 es lanzada en dirección a Marte la *Mars Science Laboratory* (MSL), conocida como *Curiosity*, aterrizando en Marte en el cráter Gale el 6 de agosto de 2012.

Actualmente hay un proyecto de colonización humana en Marte para el año 2023 denominado *Mars One*⁴¹³, se puede consultar en <http://mars-one.com/en/>, donde se pretende fundar las bases de una colonia permanente en suelo marciano con el objeto de comenzar la exploración del planeta y ubicar un sistema de abastecimiento humano para misiones de exploración del sistema solar más lejanas.

⁴¹³ <http://mars-one.com/en/>[16-01-2013]



328. Imágenes proyecto colonización Marte 2023. Mars One. <http://mars-one.com/en/>

6-4-14 EXPLORACIÓN DESDE CASA

La exploración del Universo también se ha llevado a cabo desde la Tierra gracias a la información recibida desde el espacio exterior a través de sondas viajeras, astronautas o telescopios orbitando alrededor de la Tierra, desde telescopios y radiotelescopios ubicados en suelo terrestre, y además gracias a las diversas teorías propuestas por eminentes científicos. La radioastronomía ampliaba el espectro de radiación a radiaciones de radio, infrarrojas, rayos x y rayos γ , permitiendo conocer mejor las propiedades de las estrellas e identificando nuevos objetos celestes. A principios de siglo XX las observaciones astronómicas precisaron el conocimiento de las galaxias midiendo su luminosidad y estimando la distancia a la que se hallaban⁴¹⁴ o la cantidad de estrellas que tenían. La astrofísica, que había comenzado en el siglo XIX gracias a la

⁴¹⁴ Para calcular las distancias se utilizaron agrupaciones de estrellas cefeidas, descubiertas en 1908 por Henrietta Leavitt (1868-1921) que detectó que cuanto mayor eran los periodos de la variación de luminosidad de estas estrellas, mayores eran también sus luminosidades, estableciendo que la relación entre el logaritmo de los periodos y

espectroscopía, dejaba paso a la cosmología, resultante de la teoría general de la relatividad y de la observación de regiones del Universo más allá de la Vía Láctea, que contemplaba la totalidad del cosmos estructural y evolutivamente. En la actualidad, al establecerse el modelo estándar de partículas, la cosmología también considera el microcosmos al estimar que materia y Universo están gobernados por las mismas leyes físicas,

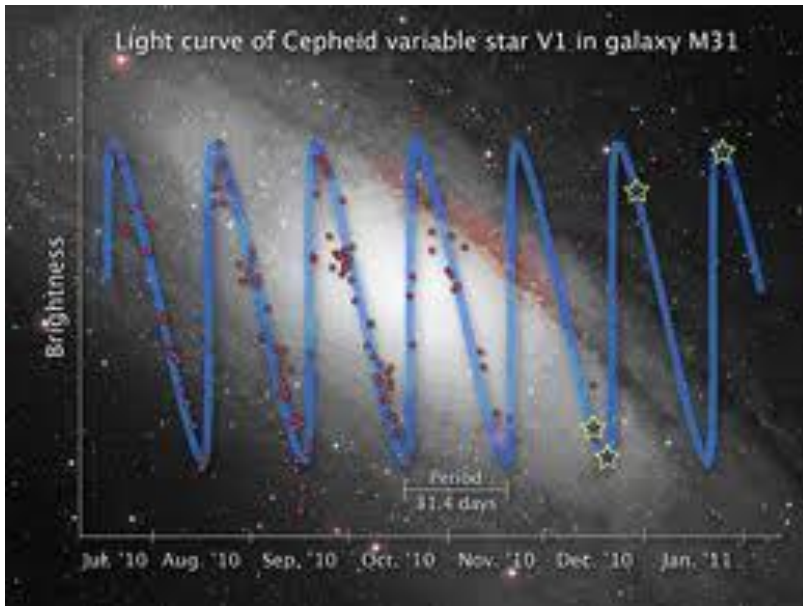
“hablamos de dos cosas al mismo tiempo: por un lado el Universo y por otro las partículas más pequeñas. Pero hemos descubierto que el estudio de las partículas está muy relacionado con el del Universo concebido como un todo. Lo grande sigue, en la práctica, el mismo conjunto de reglas que lo pequeño. La física fundamental se aplica en todas partes independientemente del tamaño [sin embargo] tenemos dos nombres: la cosmología, que se encarga del Universo como un todo, y la física de partículas, que se ocupa de lo pequeño, pero están relacionadas, siempre lo han estado”⁴¹⁵.

Edwin Hubble (1889-1953) a través de fotografías, tomadas mediante un telescopio reflector de 2,5 metros del Observatorio de Monte Wilson, de la nebulosa NG 6822 y utilizando el método de las cefeidas comprobó que la nebulosa estaba a una distancia de 700.000 años-luz, mucho mayor de lo que se creía que era el tamaño de la Vía Láctea, demostrado que la Vía Láctea no es más que una galaxia entre muchas otras que integran el Universo. Hasta ese momento se tenía la idea

las intensidades de la luminosidad es lineal. Poco después Ejnar Hertzsprung (1873-1967) propuso buscar cefeidas en agrupaciones estelares para medir sus periodos y deducir las luminosidades intrínsecas; midiendo luego la luminosidad aparente se deduciría entonces la distancia a la cual se encontraban las cefeidas.

⁴¹⁵ Lee Glashow, Sheldon. *Estamos a mitad de camino*. En Punset, Eduardo, *Cara a cara con la vida, la mente y el Universo. Conversaciones con los grandes científicos de nuestro tiempo*. Ediciones Destino Barcelona. 2007. Pág. 70.

de un Universo donde todas las estrellas que se observan, así como las nebulosas que se ubicaban en los límites, se concentran en la galaxia o Vía Láctea, una estructura aplanada que gira lentamente alrededor de un punto y ubicada en un espacio vacío e infinito. Hubble revela que nuestra galaxia es una más de las numerosas galaxias que ocupan con la misma densidad y en todas las direcciones el Universo.



329. Cefeidas en M 31. Planetario Buenos Aires



330. Galaxia de Andrómeda. M 31

El hombre ya no ocupa un lugar privilegiado en el cosmos como se había supuesto en las teorías cosmológicas anteriores: geocentrismo, heliocentrismo y un Universo con nuestra galaxia en el centro del espacio;

“fue Hubble quien proporcionó la demostración definitiva de que las nebulosas espirales eran en

*realidad universos islas, agregados distantes de
cantidades enormes de estrellas, como nuestra propia
galaxia Vía Láctea*⁴¹⁶.

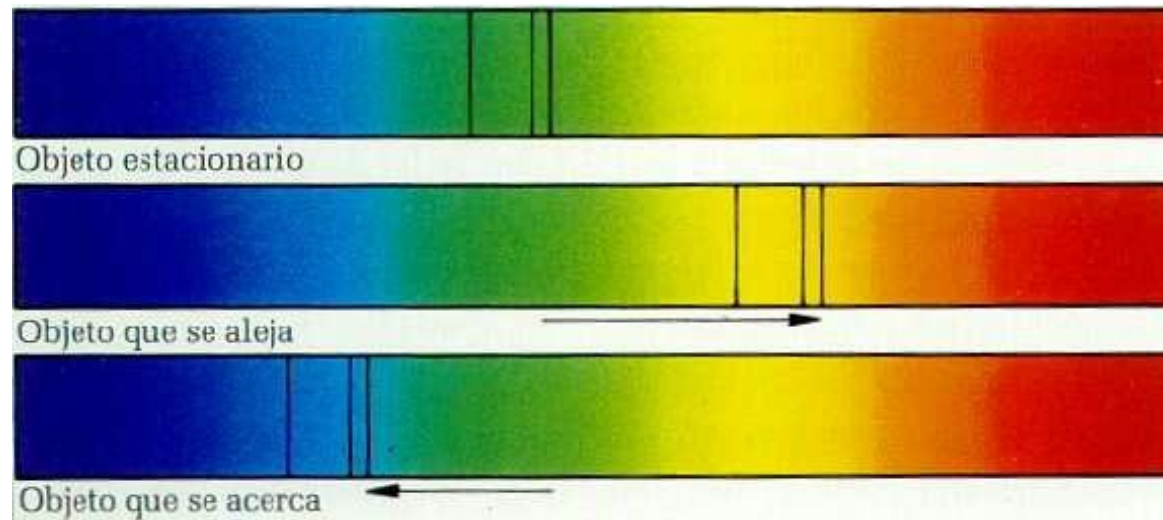
Al mismo tiempo Hubble comprobó la distancia a varias galaxias reparando que, a mayor distancia con mayor velocidad se alejaban unas de otras y respecto a la Vía Láctea⁴¹⁷, llegando a la conclusión de la expansión del Universo; y si se estaba expandiendo, tenía que haber existido un primer momento. George Lemaître (1894-1966) propuso en 1931 un modelo de un *átomo primitivo*, una única concentración de masa y energía⁴¹⁸ cuya explosión había originado el Universo actual que estaba expandiéndose. La teoría de la expansión del Universo y del *átomo primitivo*, que acabó por conocerse como teoría del Big Bang, se vieron reafirmadas en 1965 al detectar la radiación de fondo de microondas⁴¹⁹ como el eco que permaneció de la gran explosión que dio origen al Universo.

⁴¹⁶ Sagan, Carl. *Op. Cit.* Pág. 252

⁴¹⁷ “*Humason y Hubble descubrieron asombrados, [a través de fotografías y espectroscopia], que los espectros de todas las galaxias distantes estaban desplazados hacia el rojo y, algo más asombroso todavía, que cuanto más distaba una galaxia, mas desplazadas hacia el rojo estaban sus líneas espectrales. La explicación más obvia del desplazamiento hacia el rojo se basaba en el efecto Doppler; las galaxias se estaban alejando de nosotros; cuanto más distante estaba la galaxia mayor era la velocidad de recesión*” En Sagan, Carl. *Op. Cit.* Pág. 252

⁴¹⁸ Las condiciones extremas darían formas de materia que hoy no existen más que en el interior de los aceleradores de partículas más potentes. Los primeros segundos de la creación se describieron como un agitado torbellino en el cual energía materia eran intercambiables según $E = m \times c^2$. En *Cosmos*. Giles Sparrow RBA Libros S.A. Barcelona. 2007. Pág. 216.

⁴¹⁹ En 1965 Arno Penzias (1933-) y Robert W. Wilson (1936-), trabajando en un receptor de radio experimentando con un nuevo tipo de antena en el Bell Labs de Nueva Jersey, percibieron una débil señal que no conseguían eliminar y parecía que provenía de una frente extra de microondas que viajaba por el firmamento, tras comentarlo con el astrofísico Robert Dicke, que estaba estudiando cómo se encontraría el Universo instantes después de la gran explosión, dedujeron que su señal coincidía con las predicciones de la luminiscencia del Big Bang. Casualmente habían descubierto la radiación al fondo cósmico que correspondía a la radiación de un cuerpo negro a una temperatura de 3° Kelvin, temperatura que coincidía con las predicciones del físico y astrónomo ucraniano Georgiy Gamow (1904-1968) que había anticipado que el Big Bang tenía que dar lugar a una radiación de fondo.



331. Efecto Doppler desplazamiento al rojo.

En este modelo, que es el más asentado en la actualidad, el Universo evoluciona hacia un destino incierto, determinado en gran medida por el equilibrio entre la cantidad de materia que atrae a través de la gravedad y la expansión del Universo que hace que todo se aleje; considerando diversas posibilidades: si se impusiera la gravedad la expansión del Universo se detendría y el Universo se replegaría sobre sí mismo llegando a lo que se conoce como Big Crunch; si por el contrario es la expansión la que continúa, todas las galaxias, estrellas, planetas,... todo lo que existe en el Universo acabaría siendo un oscuro desierto de agujeros negros y partículas; si bien, la apreciación más común es un equilibrio entre las fuerzas de atracción y de repulsión que terminará por atenuar la expansión de un Universo que se alejará cada vez más despacio y gradualmente gracias a la acción gravitatoria, sin embargo, la expansión no llegará nunca a concluir. *“Desde nuestra posición, el cosmos tiene el mismo*

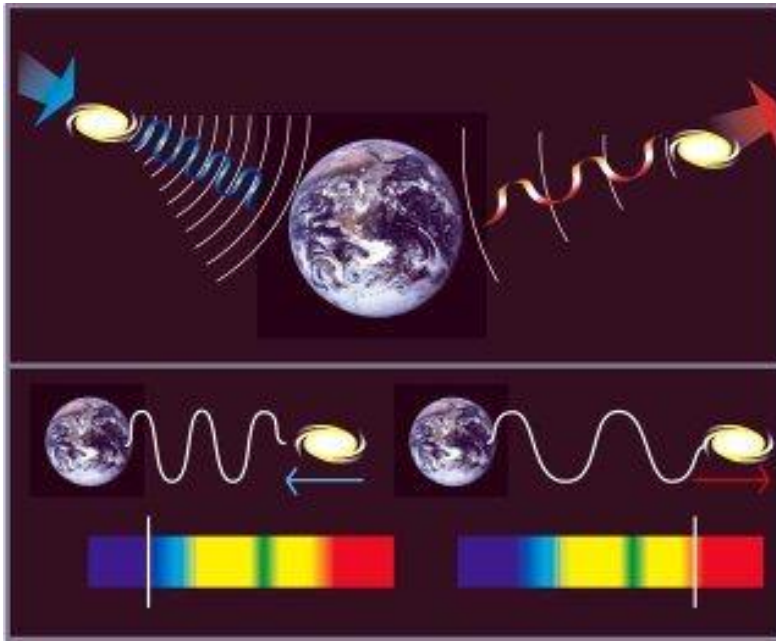
*aspecto en cualquier dirección, propiedad que conocemos con el nombre de isotropía*⁴²⁰, conduciendo al planteamiento de un Universo que tiene las mismas propiedades en todos los puntos; además los astrónomos lo conciben en ocasiones como plano, distintamente a la superficie curvada espacio-temporal propuesta por la relatividad, al ser siempre paralelos los rayos de luz que viajan a través de él, aunque en ocasiones la trayectoria de la luz se vea ligeramente desviada por algún cuerpo masivo. *“El punto de partida de la cosmología moderna es, pues, el denominado Principio Cosmológico. Según este principio, el Universo no puede tener ni centro ni fronteras ya que esto violaría las hipótesis de homogeneidad e isotopía*⁴²¹ por lo tanto no sabemos cómo son los límites del Universo, consecuencia de lo que se denomina el *problema del horizonte*, en el cual el horizonte es la máxima distancia a la cual ha viajado la luz desde el nacimiento del Universo, que se estima en 14.500 millones de años⁴²², marcando un horizonte espacial infranqueable, ya que ninguna interacción puede propagarse a una velocidad superior a la de la luz con lo cual solo podemos percibir *“la región que está dentro de un radio de unos 14.000 millones de años luz alrededor de nuestra posición. Así, aunque el Universo pueda ser infinito tiene un horizonte espacial que limita la región conectada con nosotros*⁴²³.

⁴²⁰ Salvador, Eduard, Solanes, Josep M. *El big-bang y el origen del universo*. En *10 impactos de la ciencia del siglo XX*. Eumo Editorial Universidad de Vic. 2000. Traducción al castellano Fondo de Cultura Económica de España. Madrid 2002. Pág 20

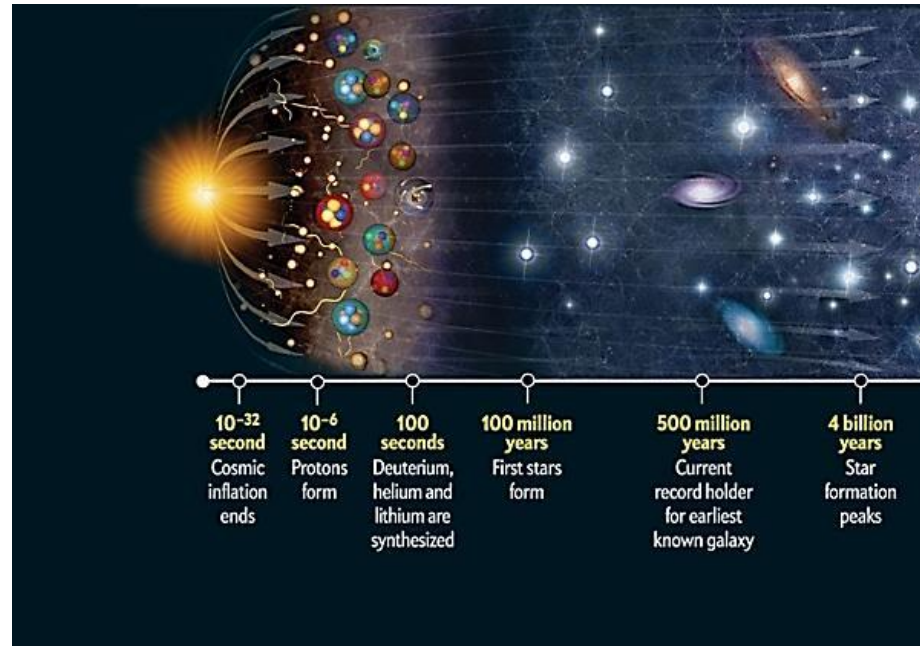
⁴²¹ Salvador, Eduard, Solanes, Josep M. *Op. Cit.* Pág. 22

⁴²² La constante de Hubble mide el ritmo de expansión del universo por unidad de distancia, inversamente se puede dar la primera estimación de la edad del universo, que sería el tiempo que hace falta retroceder para llegar al instante inicial, sin tener en cuenta la gravedad. Las observaciones actuales de las cefeidas llevadas a cabo por el Telescopio Hubble sitúan la edad del universo en torno a los 14.500 millones de años. En Salvador, Eduard, Solanes, Josep M. *Op. Cit.* Pág. 23

⁴²³ Salvador, Eduard, Solanes, Josep M. *Op. Cit.* Pág. 25



332. Desplazamiento al rojo. El Universo se expande



333. Esquema del Big Bang

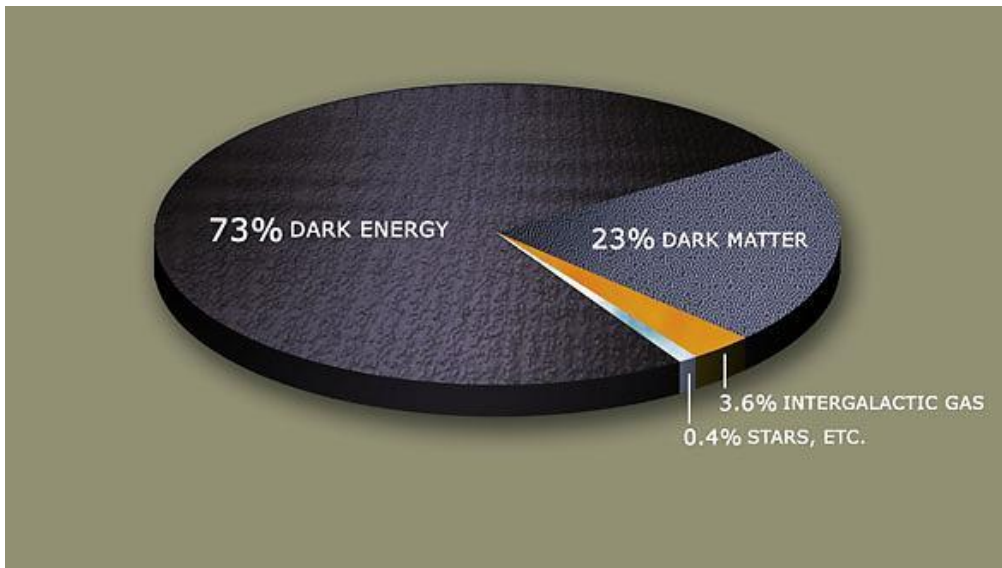
Dirigir la mirada al cosmos es observar el pasado; la galaxia de Andrómeda o galaxia espiral M 31 es la galaxia gigante más cercana a la Vía Láctea, está alejada de la Tierra unos 2.500.000 años-luz aproximadamente lo cual significa que actualmente vemos Andrómeda tal y como era hace unos 2.500.000 años, en el inicio del Paleolítico Inferior⁴²⁴ con los primeros homínidos, como el *Australopithecus*, errando por la Tierra. El Universo solo nos muestra su pasado, ocultando además un porcentaje elevado de materia que ni emite ni refleja luz, ni tampoco ninguna otra forma de emisión de radiación

⁴²⁴ El Paleolítico se define como la Edad Antigua de la Piedra y abarca el tiempo comprendido entre el inicio de la vida humana y el final de la era glaciaria en la Tierra. El Paleolítico se divide en tres etapas: Inferior (2'5 millones-100.000 a.C.), Medio (100.000-35.000 a.C.) y Superior (35.000-10.000 a.C.). Cada etapa corresponde a un estadio de la evolución en el proceso de hominización durante la Prehistoria.

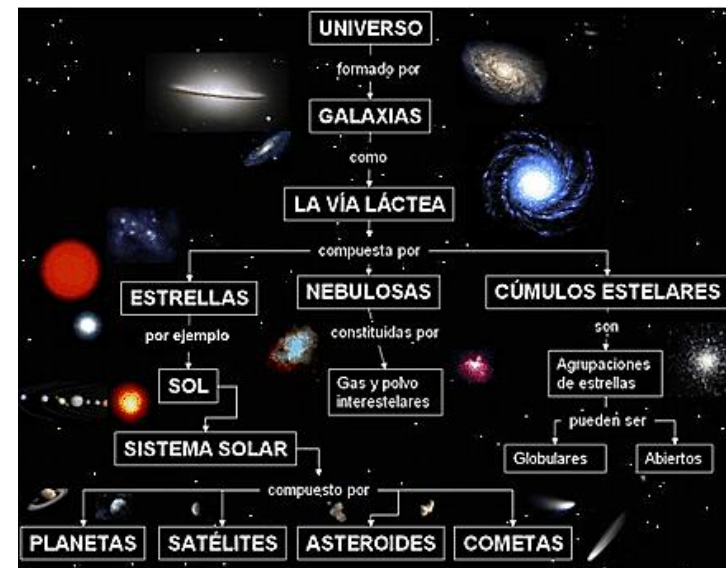
electromagnética detectable fuera del rango del espectro visible, y únicamente es detectable por su efecto gravitacional, la masa de esta *materia oscura* se puede detectar a través de su acción gravitatoria sobre otros cuerpos celestes y los rayos de luz, que en su viaje surcando el Universo pasan cerca de la materia oscura. Los componentes básicos de esta materia son desconocidos, se cree que pueden ser nubes oscuras de gas, estrellas que no emiten luz y planetas que no la reflejan, los astrónomos denominan MACHO (*MA*sive *C*ompact *H*alo *O*bjets) a estos objetos celestes invisibles o puede que sean WIMP (*W*eakly *I*nteracting *M*assive *P*articles) nuevas clases de partículas subatómicas que no interactúan con la materia ni tampoco con la luz. Asimismo, y por si fuera poco, existe una forma de energía asociada al vacío del espacio libre, es decir en todo el espacio, que ejerce una presión negativa en las regiones que no tienen materia que atraiga la gravedad, provocando en estas regiones vacías del espacio un crecimiento que acelera la expansión del Universo, a esta energía se la denomina *energía oscura*. Hay que diferenciar entre materia y energía oscura la materia oscura es una forma de materia, mientras que la energía oscura se asocia a un campo que ocupa todo el espacio, ambas se desconocen, sin embargo, se sabe que es el 95% del contenido del Universo.

“La inmensa mayoría del Universo está formada por energía oscura y materia oscura, pero aún no se sabe en qué consisten la una y la otra. La materia común, de la que están hechas las estrellas, los planetas y el gas interestelar, solo suma una pequeña fracción”⁴²⁵.

⁴²⁵ Turner, Michael S. *El origen del Universo*. En Investigación y Ciencia. Temas: Universo Cuántico, nº 63, 1º trimestre 2011. Madrid. Pág. 66



334. Composicion del Universo



335. Materia conocida del Universo

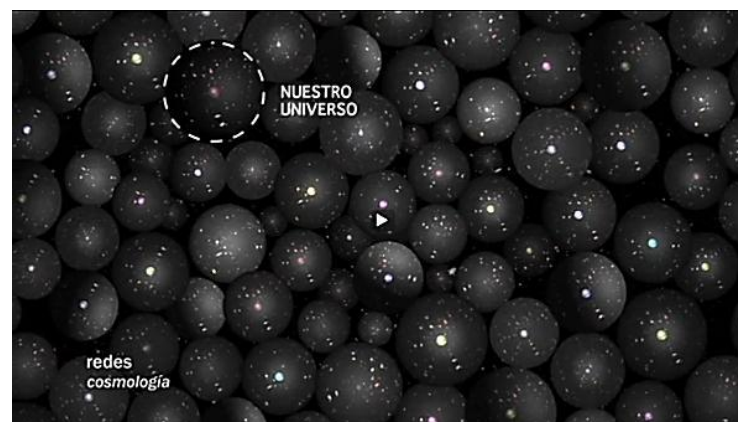
El Universo sencillo e invariable del modelo heliocéntrico se ha transformado en un Universo completo y complejo donde se unen el macrocosmos y el microcosmos en su génesis. Al principio el Universo era una sopa caliente de partículas elementales, y evolución, en la que se desarrollan los protones, neutrones, núcleos atómicos, estrellas, galaxias, cúmulos de galaxias,... y la vida. *“Debemos ese cambio radical a ideas brillantes, como la relatividad general de Einstein y las teorías de las partículas elementales, pero también a instrumentos más potentes, desde los reflectores de 2,54 y 5,08 metros de George Ellery Hale, con los que vimos más allá de la Vía Láctea, hasta el Telescopio Espacial Hubble, que nos ha mostrado el nacimiento de las galaxias”*⁴²⁶, añadiendo también el LHC que, ha confirmado el modelo estándar de partículas con la aparición

⁴²⁶ Turner, Michael S. *Op. Cit.* Pág. 62

del bosón de Higgs y continúa explorando un dominio nuevo e inmenso donde pueden existir dimensiones ocultas del espaciotiempo, nuevas interacciones con la materia, nuevas partículas y nuevas fuerzas de la naturaleza, supersimetría, universos alternativos o multiverso, es decir universos paralelos en diferentes contextos⁴²⁷: Burbuja de Hubble, donde el Universo se extiende más allá del horizonte que podemos observar debido a la limitación a la velocidad de la luz, llegado incluso a la infinitud donde deberían existir infinitas burbujas de Hubble; Branas, donde nuestro Universo podría constituir una de entre muchas membranas tridimensionales o *branas* de un espacio multidimensional mayor; múltiples mundos basados en las propuestas teóricas de la mecánica cuántica donde un mismo objeto puede existir simultáneamente en distintos estados y solo una medición externa lo fuerza a adoptar un estado concreto; ... La exploración continúa en distintos ámbitos científicos para esclarecer los misterios que continúan ocultos en el cosmos y que ejercen una fascinación increíble en un amplio espectro de disciplinas, desde la ingeniería a la cosmología, astrobiología, astronomía, computación, medicina...



336. Materia oscura. NASA. Hubble



337. Multiversos

⁴²⁷ Jenkins, Alejandro; Pérez, Gilad. *Buscando vida en el multiverso*. En Investigación y Ciencia. Temas: Universo Cuántico, n° 63, 1º trimestre 2011. Pág 73.

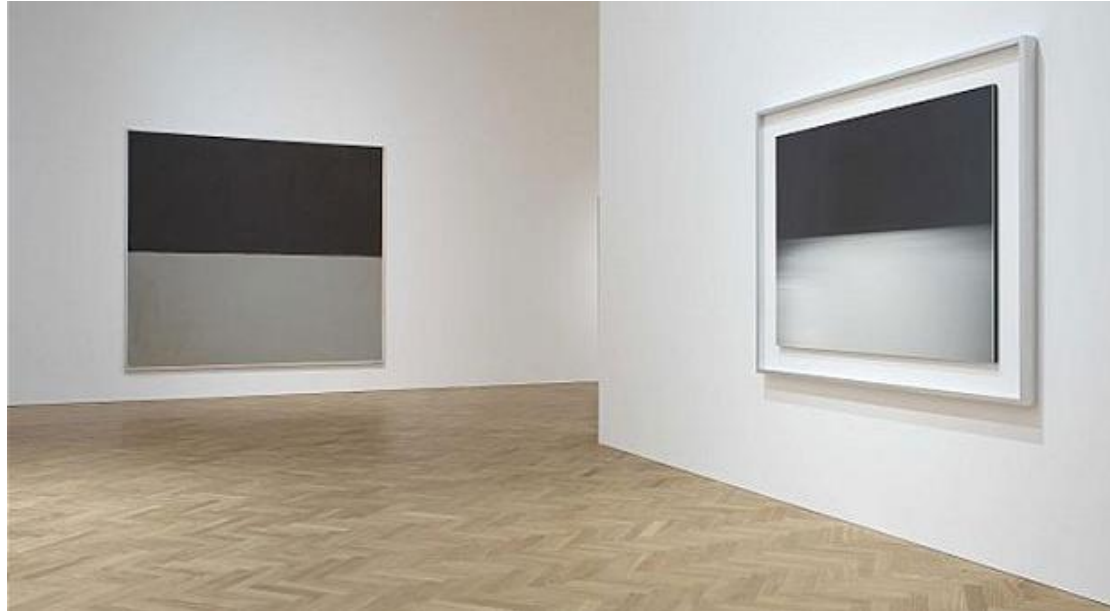
6-4-15 EL OCÉANO CÓSMICO. LO SUBLIME CONTEMPORÁNEO

La exploración se desarrolló en un medio desconocido como fue el mar y el mar es idóneo como base para dirigirse hacia el cosmos, piedra angular de la imaginación y espacio sublime por excelencia. En la serie fotográfica de paisajes marinos realizada por Hiroshi Sugimoto cuyo título es *Mares*⁴²⁸ Sugimoto se basa en un encuadre sencillo e idéntico para cada toma: la línea del horizonte está en el centro de la imagen, el encuadre descarta todo lo que no sea cielo o mar. A estas similitudes hay que añadir que todas las fotografías son en blanco y negro y su formato expositivo tiene siempre las mismas dimensiones; las únicas variaciones son el tiempo atmosférico y la hora del día, obviamente también son diferentes, en la mayoría de los casos, los mares fotografiados (Mar Céltico, Mar del Japón, Mar Negro, Mar Egeo, Mar Jónico, Mar Caribe,...). Las fotografías muestran un espacio caracterizado por su silencio y serenidad. Dividido en dos partes iguales donde existe la luz y la oscuridad, el vacío y la materia. Espacio que se conjuga con el tiempo al representar lugares diferentes con muy poca variación entre sí. La nitidez en los detalles y las gradaciones tonales acercan estas fotografías a lo que en arte abstracto son los campos de color (*Color Field Painting*) de Mark Rothko donde el espacio queda reducido a formas rectangulares de textura transparente y brumosa⁴²⁹. En sus lienzos se contraponen dos espacios: uno ilusorio y profundo y otro visible y superficial. En los campos rectangulares de tonos grises formados por el agua y el cielo de las fotografías de Sugimoto aparece también esta contraposición de espacios donde el espacio profundo choca con la superficie geométrica y bidimensional de las fotografías. “*Este choque del espacio profundo y la abstracción superficial impone una tensión entre la función intrínseca de la fotografía*

⁴²⁸ Exposición 29 de mayo, 26 de julio de 1998. Sala de exposiciones de la Fundación “la Caixa”. Madrid.

⁴²⁹ Durante el año 2012 la Galería Pace London ha realizado una exposición estableciendo un paralelismo entre la obra de Rothko y la de Sugimoto. En <http://www.pacegallery.com/london/exhibitions/11142/rothko-sugimoto-dark-paintings-and-seascapes> [22-12-2012].

*como medio documental y la de la pintura moderna como signo de lo sublime expresado mediante la forma pura. Dependiendo de nuestro punto de vista, nos vemos confrontados con una expansión inconmensurable de agua y cielo, o con una simple yuxtaposición de formas grises casi sólidas que sugieren un insondable vacío y silencio*⁴³⁰.



338. Exposición Rothko-Sugimoto. Galería Pace, London, 2012

Estas tramas de colores aparecen inicialmente en el romanticismo, fundamentalmente en la obra de Turner. Su *Trama de Colores*, ejecutada en 1819, anticipa en un siglo y medio la obra de Rothko. Turner realizaba estas tramas de colores con acuarelas y con el fin de estudiar la luz, los colores y las atmósferas de los lugares que posteriormente representaría. Gran parte de este trabajo son bocetos y apuntes, como el *Crepúsculo, 1840* o *Norhan castle: amanecer, 1835*, aunque su obra evolucionaría hacia un enorme interés por la luz y la atmósfera y una indefinición de contornos, germen de la abstracción que

⁴³⁰ En Sugimoto, exhibition catalogue, Museum of Contemporary Art, Los Angeles, California, 1993. Pág. 136

comenzaría en el periodo de las vanguardias del siglo XX. Estas investigaciones de los efectos lumínicos en la naturaleza eran frecuentes en el romanticismo encontrándolos también en la obra de Constable, por ejemplo en *Estudio con nube de lluvia*, 1827.



339. Constable. *Estudio con nube de lluvia*, 1827



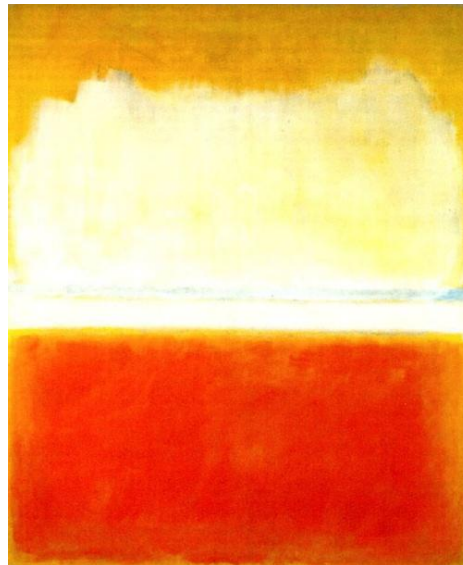
40. Turner. *Estudio*, 1817



341. Turner. *Trama de colores*, 1819



342. Rothko. *Nº 6*, 1951



343. Rothko *Nº 8*, 1952



344. Rothko. *Amarillo, azul y naranja*, 1955

Los pintores románticos revolucionaron radicalmente el modo de contemplar la naturaleza y de pintar paisajes, inspirando posteriormente a la escuela de Barbizon que defendían el regreso a la naturaleza y un uso más libre de la luz y los colores, continuando con las delicadas atmósferas de los impresionistas y la transformación de la superficie pictórica como espacio vital en la obra del postimpresionista Paul Cézanne. El siguiente paso lo daría Kandinsky liberando a la pintura de la fidelidad absoluta a la realidad objetiva para convertirse en una pura expresión de colores, llegando así a la abstracción, que será continuada en los años cincuenta por el expresionismo abstracto y el informalismo. Al final del siglo XX la fotografía toma inspiración de estas fuentes para llegar a una abstracción desde la realidad más objetiva, rompiendo así con su carácter documental y la falsa sensación de perspectiva, trasladándonos el motivo a la superficie sensible y bidimensional. Aun así, Sugimoto juega con los lugares por medio de los títulos de las fotografías, aunque es imposible el reconocimiento geográfico *“parece sugerirnos que podríamos viajar hasta el fin del mundo y ser allí recibidos por la misma vista primaria”*⁴³¹. Rothko comenta del romanticismo *“los románticos sintieron la necesidad de buscar temas exóticos y de viajar a sitios lejanos. No comprendieron que si bien lo transcendental debe incluir lo extraño y desconocido, no todo lo extraño y desconocido es transcendental”*⁴³². Sugimoto viaja a mares lejanos ofreciéndonos una imagen que no es desconocida ni extraña pero si transcendental en su propósito. La exploración puede ser exterior o interior; se explora la naturaleza viajando a lugares que alguna vez fueron inaccesibles y por lo tanto desconocidos, pero también se explora buscando sus fenómenos más misteriosos

⁴³¹Op. Cit. Pág 137

⁴³² En Chipp, Herschel. *Teorías del arte contemporáneo*. 1995. Akal, Madrid. Extraído de Rothko, M *“Problems of Contemporary Art. Possibilities, I”* 1947-1948. Editorial George Wittenborn (antes Wittenborn, Schultz). New. Pág 84.

desde la observación y experimentación, así como desde la formulación teórica, que adivina y predice sus principios básicos llegando a ser trascendental en la aparición de nuevos modelos teóricos, invitando a la experimentación y la observación para demostrar la validez de las propuestas. Las imágenes resultantes pueden ser trascendentales al confirmar las nuevas teorías; no obstante, descontextualizándolas del ámbito científico y anulando su función verificadora éstas tienen un enorme poder evocativo y trascendental. *“Se trata del ready-made no como gesto iconoclasta, sino como revelador de los efectos ligados al desplazamiento de un objeto desde un mundo del uso y el consumo a otro mundo que se caracteriza por la duración y el desinterés. El objeto transferido al museo para revelar los desafíos, los valores simbólicos. Al desplazar las imágenes del observatorio hasta el museo, los artistas de lo sublime moderno designan el cosmos como lugar irreductible tanto a una explotación funcional como a una definición material. Contra el utilitarismo técnico o político: el espacio bello e inútil como una obra de arte.”*⁴³³

Las formas representativas dentro del ámbito de lo fotográfico, donde la pretendida objetivación de lo representado se transforma en algo abstracto, la encontramos en diversos fotógrafos contemporáneos, tal y como se puede comprobar en el tercer apartado de esta investigación. Es curiosa la similitud entre dos de estos fotógrafos en dos obras concretas: *Hassayampa Plain, Arizona, 31/10/96, 18:04 h. de Canto del desierto XVIII: Cielos* y *Ohne Titel II (Untitled II)*. 1993. La primera del fotógrafo americano Richard Misrach, la segunda del alemán Andreas Gursky. Las dos imágenes tienen el cielo como motivo, un cielo que se transforma en pura abstracción y solo es advertido por el título de la fotografía en el caso de Misrach. En el de Gursky se

⁴³³ Ottinger, Didier. *Cosmologías contemporáneas. Cosmos. Del romanticismo a la vanguardia 1801-2001* Jean Clair. Centro de cultura contemporánea de Barcelona 2001. Pág. 253

tiende a imaginar la visualización de un crepúsculo, puesto que el medio utilizado es la fotografía con su característica intrínseca de necesitar como motivo algo tangible, real. No obstante en las dos se representa esencialmente una gradación cromática muy semejante a las acuarelas que Turner utilizaba como bocetos y apuntes (*Trama de colores*, 1819) o a los campos de color de Rothko. En el fondo la intención es la misma que la de Sugimoto con su serie *Mares*, la representación del vacío más profundo en la superficie bidimensional del papel emulsionado.



345. Misrach, *Hassayampa Plain, Arizona*, 31/10/96, 18:04h.



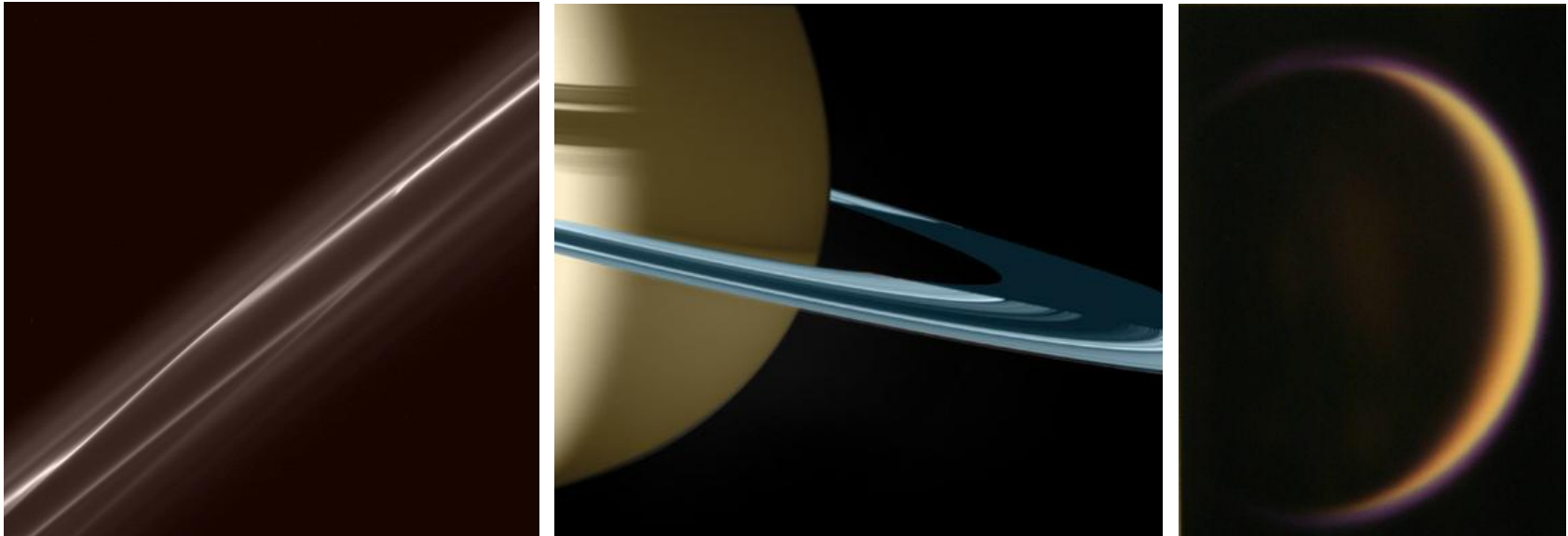
346 A. Gursky. *Ohne Titel II*. 1993

El cosmos es revelado por Thomas Ruff trabajando a partir de documentos de origen científico⁴³⁴, elevando estos a la categoría de sublimes, “en la época moderna, lo sublime cósmico vendría a corresponder a la espera de un arte conceptual que concierne tan solo a las ideas”⁴³⁵, el carácter de su obra “se refiere a la relación entre ciencia parte y aplicación, a la

⁴³⁴ En el tercer apartado de esta investigación se realiza un estudio de la obra de Ruff centrado principalmente en su trabajo vinculado a la ciencia.

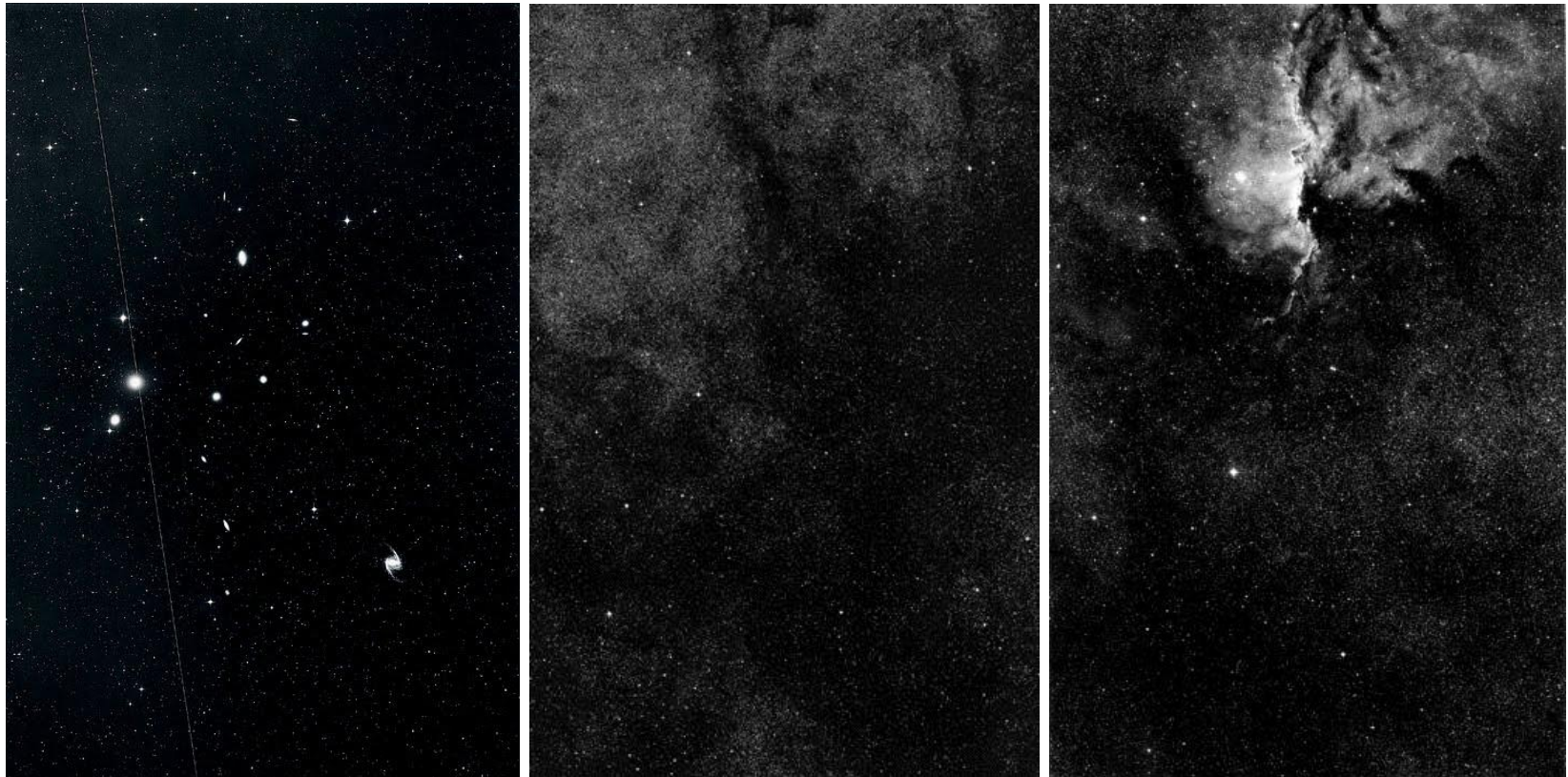
⁴³⁵ Ottinger, Didier. *Op, Cit.* Pág. 252

*reproducción y a la idea, y la relación entre ambas*⁴³⁶, de igual modo que en la física existen las ideas, física teorica y su representación en lenguaje matemático, y la física experimental, que demuestra la teoría y abre la propuesta a posibles aplicaciones prácticas. Estos proyectos de Ruff no indican un anticientificismo propio del romanticismo, más bien muestran un acercamiento y admiración por los temas vinculados a la ciencia, Ruff valoró la posibilidad de estudiar ciencias físicas debido a su interés por la astronomía, acercando la ciencia al mundo del arte en una valoración de sus propiedades representativas e interpretativas.



347-348-349- Thomas Ruff. *Cassini series*, 2009

⁴³⁶ Eskildsen, Ute. Técnica. *Imagen. Función. Indagaciones y reflexiones sobre los modelos de representación fotográficos en la obra de Thomas Ruff*. En Winzen, Matthias. *Thomas Ruff Fotografías desde 1979 hasta hoy*. Verlag der Buhhandlung Walther König. Colonia. 2002. Pág 31.



350-351-352 Thomas Ruff. *Sterne series*, 1989- 1992

En esta sección de la tesis, segunda parte, he señalado la imagen científica como una nueva forma de manifestación artística, muy vinculada al momento histórico actual y generadora de nuevas formas de discurso y producción dentro del arte presente; destacando los procesos de obtención, producción, transmisión y comunicación de las imágenes, así como los propios sistemas basados en el desarrollo científico y tecnológico. La imagen digital y las nuevas tecnologías están modificando las maneras de crear imágenes, de determinar y de comprender la realidad, proporcionándonos nuevas visiones de la realidad,

algunas construidas y otras simuladas, que responden a marcos teóricos muy complejos que experimentalmente están comprobados y funcionan. A través de este capítulo he realizado una travesía desde el microcosmos al macrocosmos destacando las formas de exploración de la realidad desde la ciencia y sus imágenes, acercando éstas al terreno del arte a través de las analogías presentes en sus procesos de exploración, comunicación y producción del resultado final. Además de poner de manifiesto el cambio originado en el medio fotográfico con la digitalización de la imagen fotográfica y su interacción con las telecomunicaciones llevándonos a hablar de una postfotografía.

A continuación realizaré un breve recorrido por el panorama artístico actual analizando artistas que en sus propuestas y en este momento utilizan la imagen científica como recurso estético y conceptual.

TERCERA PARTE

7 LA POSMODERNIDAD

7-1 INTRODUCCIÓN

“El minimalismo y el conceptual fueron movimientos clave en la redefinición de la obra, del autor y, por ende, del papel pasivo que tradicionalmente se le había otorgado al espectador. A pesar de su aparente reduccionismo, sus piezas son siempre contingentes a un espacio determinado y sólo existen cuando son observadas por alguien que las completa en el acto de la percepción”⁴³⁷.

La crisis de la modernidad comienza a sentirse a principios de los sesenta cuando en el mundo del arte comienza una transformación que rechaza los postulados de la modernidad defendidos por Clement Greenberg⁴³⁸ y su búsqueda de la pureza dentro de las categorías clásicas, es decir pintura, escultura y arquitectura. Para Greenberg, el Expresionismo abstracto era pintura pura, ya que carecía de un referente externo; sólo estaba presente el uso abstracto del color y de la línea, era forma sin contenido.

⁴³⁷ Borja- Vilel, Manuel. *El autor está ausente. De la revuelta a la posmodernidad (1962-1982)*. MNCARS. Madrid 2011. Pág 16.

⁴³⁸ Clement Greenberg es uno de los máximos exponentes del formalismo en el arte de mediados del siglo XX. Es el representante y divulgador de esa corriente en Estados Unidos, un crítico e impulsor de talentos modernistas. Plantea que la única solución era que las artes se replegaran dentro de ellas mismas para proteger sus propios valores. Greenberg estaba interesado en la pintura abstracta neoyorquina. Conectó los logros del expresionismo abstracto a la tradición formalista inaugurada por Édouard Manet y su pintura plana. Estas ideas son expresadas en su ensayo *Modernist Painting*, el cual crea una trayectoria para el progreso del arte, un modernismo que no se dedica a la representación sino al análisis y el desarrollo de sus propios logros plásticos. Para Greenberg, el arte después de Manet se alejó de la representación de figuras u objetos sobre un fondo para adentrarse en la exploración de ciertas relaciones formales entre colores, forma, formato del lienzo y texturas, llevando así a la abstracción pura. En <http://revistareplicante.com/artes/arte/sobre-el-legado-de-clement-greenberg/> [24-07-09].

Los artistas comenzaron a considerar que el arte, por sí mismo, era mucho más rico y complejo, con lo cual se dispusieron a explorar nuevas fronteras, que darían como resultado el minimalismo y las prácticas conceptuales, entre otras corrientes de los sesenta y setenta.

El formalismo propuesto por Greenberg excluyó el aspecto cognitivo de la experiencia artística, contrariamente a lo expuesto unos años más tarde por el arte conceptual, donde lo cognitivo se convierte en el núcleo principal de su discurso, desplazando en muchas ocasiones el aspecto estético, base fundamental en la conclusión formal.

A finales de los setenta comenzará una época “*introspectiva, ocupada en el comentario, en citas más o menos eruditas o en simples apropiaciones*”⁴³⁹; la pintura, desaparecida en las *performances* y en las prácticas conceptuales o minimalistas, renacerá de sus cenizas, al incluir en su nuevo discurso postmoderno el recurso conceptual que da lugar a revisiones, deconstrucciones y apropiaciones de imágenes, estilos o motivos artísticos extraídos de diversos periodos.

El *arte de frontera*, aparecido en el deprimido barrio neoyorquino East Village, mezcla elementos del Pop con *graffitis* urbanos, alta cultura y cultura de masas. En él destacan Keith Haring (1958–1990) y Jean Michel Basquiat (1960-1988). El *neo-decorativismo* despoja de sentido e ideas a la pintura, devolviéndole su parte más lúdica y visual. La pintura *neo-geo* o *nueva geometría* explora el elemento decorativo en lugar del significado de sus elementos formales, apoyándose en referencias al *Op Art*, al constructivismo ruso o al suprematismo vanguardista. Peter Halley (1953 -)⁴⁴⁰ es uno de los artistas más destacados de

⁴³⁹ San Martín, F. Javier. *Últimas tendencias: las artes plásticas desde 1945*. El mundo contemporáneo. Dirigida por Juan Antonio Ramírez. Alianza Editorial. Madrid. 1997 Pág. 375.

⁴⁴⁰ Peter Halley ha desarrollado una propuesta estética abstracta que, si bien en ningún momento trabaja la tecnología digital, sirve como referencia a todas las propuestas abstractas que en el campo del arte digital se han presentado en los últimos años. Halley pinta haciendo referencia visual a los elementos industriales y tecnológicos, desde el punto de vista abstracto. Ya hacia el año 2000 escribe en Index Magazine, y poco después resume sus textos en dos libros, “*Ensayos Seleccionados 1981-1987*” y

esta corriente. El nuevo futurismo o *nuovi futuristi* cuestiona los planteamientos de los futuristas italianos de vanguardia acerca de la utopía tecnológica, relegando lo tecnológico a un objeto puramente estético. De la misma manera la escultura abandona su investigación formal y espacial para volver a ser considerada un objeto visual.



354-355-356. Halley. *Yellow Cell with Triple Conduit*, 1986. *Untitled*, 2005. *Prison with Green Window*, 2000

Recíprocamente, aparecen movimientos que intentan recuperar estilos históricos sin ironía, trazando puentes con las corrientes de vanguardia. Como respuesta a la hegemonía conceptual dominante, y con el objetivo de recuperar los valores perdidos del medio pictórico, aparecen grupos como *neuen wilden* o *nuevos salvajes* que revisan el expresionismo alemán de

"*Diagramas Utópicos*". Entre sus textos más famosos está "*Crisis de la geometría*", en donde formula sus postulados para un nuevo sistema estructuralista que ayude a entender las propuestas artísticas finiseculares. Con su geometría "diagramática" Halley quiere demostrar que la abstracción, lejos de ser un puro efecto auto-referencial, expresa la relevancia de los modelos matemáticos en el siglo XX, que se han impuesto en todas las ramas de las ciencias. Esta concepción cibernética lo acerca a la idea de un mundo digital, y aunque su estética no tiene nada que ver con el ordenador, sí está llena de alusiones a la ciber tecnología: chips, circuitos, pistas... Todas dibujadas en colores brillantes y formas limpias. En <http://ciberestetica.blogspot.com/2011/12/la-teoria-posestructuralista-de-peter.html> [09-10-11].

vanguardia, dando lugar al *neo-expresionismo*, donde destaca la figura de Anselm Kiefer (1945-). La figuración libre francesa realizó una revisión de los modelos sugeridos por la historia del arte, mezclándose libremente con la moda, la publicidad, el comic o el rock, en una hibridación con distintos medios de expresión plástica. La transvanguardia italiana, según el crítico de arte Achille Bonito Oliva (1939-), era una especie de neomanierismo que miraba al pasado con devoción, recorriendo todos sus lenguajes a través de la historia del arte en un intento de recuperación de la memoria artística para utilizarla como elemento creativo fuera de su contexto histórico e ideológico⁴⁴¹.



357. Anselm Kiefer. *Glaube, Hoffnung, Liebe*, 1986

⁴⁴¹ Todas estas corrientes pictóricas postmodernas están extraídas de *Últimas tendencias: las artes plásticas desde 1945. El mundo contemporáneo*. San Martín, F. Javier. Dirigida por Juan Antonio Ramírez. Alianza Editorial. Madrid. 1997 Págs. 376-378

Estas corrientes pictóricas surgidas en los ochenta no fueron *“un retorno a la pintura en el sentido de la modernidad tardía, sino una práctica de la pintura revisada a fondo por aquellos que criticaban el formalismo. En cierta manera era, no pintura per se, sino un género nuevo que podía denominarse pintura conceptual, o, incluso, arte conceptual que utiliza la pintura como medio”*⁴⁴².

Estas transformaciones en el mundo del arte están favorecidas por una nueva preocupación en el uso del lenguaje, que el arte conceptual había utilizado como elemento vertebrador de su obra, y una revisión del estructuralismo que daría lugar al denominado posestructuralismo⁴⁴³; *“el postmodernismo es difícil de concebir sin la teoría continental, en particular el estructuralismo y el posestructuralismo. Ambos nos han llevado a reflexionar en la cultura como un corpus de códigos o mitos (Barthes), como un conjunto de resoluciones imaginarias de contradicciones reales (Claude Lévi- Strauss)”*⁴⁴⁴.

A finales de los sesenta, Roland Barthes (1915-1980) manifestará la muerte del autor⁴⁴⁵ diciendo que *“es el lenguaje, y no el autor, el que habla de un texto. Para él, y tantos otros, escribir es un acto en el que sobre todo actúa el lenguaje. Por eso un texto no se puede entender como una fila de palabras de las que se desprende un único sentido, el del autor, sino como un*

⁴⁴²McEvelley Thomas. Del estilo internacional a la aldea global: La transformación postmoderna de la pintura. Summa Pictorica X. Editorial Planeta Madrid 2002 Pág. 22

⁴⁴³ El posmodernismo es derivación del análisis del lenguaje como forma de expresar el pensamiento a lo largo del siglo XX. Tiene sus raíces en el estructuralismo que inicialmente fue concebido por Ferdinand de Saussure (1857 -1913) como un sistema con unas reglas y convenciones que permiten que el lenguaje actúe; en este sistema existe un significante, que es el portador de sentido y un significado, que es aquello a lo que se refiere, está significación o proceso vinculante entre significante y significado dará lugar a un signo y posteriormente al análisis de la cultura como un sistema de signos. La lingüística estructural de Saussure será parte de la semiología que se aplicará para decodificar diferentes ámbitos culturales como la publicidad, la moda, el arte... desarrollándose en los cincuenta por Claude Levi-Strauss (1908 - 2009) y dando lugar a la antropología estructural que sistematizó la semiología de la cultura, el método estructuralista pasa de la lingüística a otros ámbitos de las humanidades. La vuelta de tuerca la dará en los sesenta Roland Barthes (1915-1980) indicando que es la semiología la que forma parte de la lingüística, revalorizando la visión diacrónica que atiende a la evolución acontecida a lo largo del tiempo en detrimento de la visión estructuralista sincrónica que analizaba los elementos lingüísticos en un momento dado y recordando que en la cultura todo puede ser decodificado.

⁴⁴⁴ Foster, Hal. *Introducción al postmodernismo*. En *La Posmodernidad*. Editorial Kairós S.A. Barcelona 1998. Pág. 9

⁴⁴⁵ Barthes, Roland. *El Susurro del lenguaje*. Más allá de la palabra y la escritura. Editorial Paidós. Barcelona 2002.

*tejido de citas y referencias provenientes de innumerables focos de la cultura*⁴⁴⁶. Esto dará lugar a distintas interpretaciones por parte de los diversos lectores del texto, creando así sus variadas conclusiones y generando un texto inestable, cambiante, siempre abierto a su mutación. Es el lector o espectador “*quien determina en cada caso el significado y valor de un texto o de una obra [...] la función del lector-espectador no es ya la de buscar un origen, un significado último, una cuestión esencial; sino desenredar, posibilitar significados a través de un método de análisis*”⁴⁴⁷. Por ello el artista necesitará asumir nuevos roles: como copista; conservador de museo; indagador del sujeto; pedagogo; animador social; historiador o analista⁴⁴⁸.

7-2 APROPIACIONISMO GRAFICO. *INDISCIPLINE*⁴⁴⁹

En 1977, el crítico de arte Douglas Crimp (1944-) organizó una exposición en *Artist's Space* invitado por Helene Winer. Su objetivo era responder a la *desmaterialización* del objeto artístico llevada a cabo por los artistas conceptuales con un proceso de *rematerialización*⁴⁵⁰; la exposición llevaba como título *Pictures* y en ella participaron artistas que compartían

*“un nuevo sentido de la representación como imagen; es decir, un palimpsesto de representaciones, a menudo encontradas o apropiadas, rara vez originales o únicas, que complicaban, incluso contradecían, las reivindicaciones de autoría y autenticidad tan importantes para la estética más moderna”*⁴⁵¹.

⁴⁴⁶ En Martínez Pino, Joaquín *Últimas tendencias del arte*. Editorial universitaria Ramón Areces. UNED Madrid. 2009 Pág. 140

⁴⁴⁷ *Op.Cit.* Pág. 141

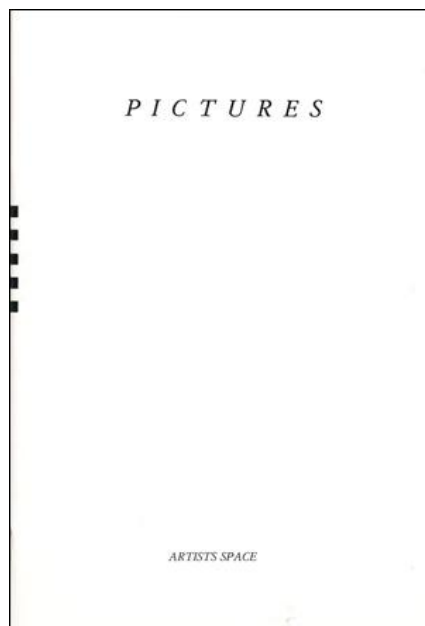
⁴⁴⁸ *Op.Cit.* Págs. 143-151

⁴⁴⁹ *Indiscipline*. King Crimsom. *Discipline* CD. Warner Bros. EG Records. 1981

⁴⁵⁰ En Guasch, Anna María. *El arte último del siglo XX del posminimalismo a lo multicultural*. Alianza Editorial. Madrid 2000 Pág. 342

⁴⁵¹ Citado por Foster, Hal, R. Krauss, Y. Boris, B. Buchloh en *Arte desde 1900*. Editorial Akal. Madrid. 2006 Pág. 580

Las imágenes utilizadas fueron apartadas de su ámbito funcional y contextualizadas en un nuevo espacio que nada tenía que ver con su función principal, rompiéndose su relación con la realidad para la cual fueron creadas, siendo consideradas simulacros que buscaban nuevas “*estructuras de significación: debajo de cada imagen siempre hay otra imagen*”⁴⁵²; nuevos significados que el espectador tenía que descubrir, decodificar e interpretar. Esta nueva forma de hacer arte basa su producción en la apropiación de imágenes de diversas fuentes de la historia del arte y de los medios de comunicación de masas, Internet aún no había despuntado sólo era una embrionaria red de computadoras denominada ARPANET (*Advanced Research Projects Agency Network*).



358. *Pictures* 1977



359. Sherrie Levine, *Untitled (After Edward Weston)*, 1981

⁴⁵² Foster, Hal, R. Krauss, Y. Boris, B. Buchloh .*Op Cit.*581

Sherrie Levine (1947-) realiza en 1980 su serie *Untitled, After Edward Weston* utilizando fotografías que Weston había realizado en 1925 a su hijo Neil desnudo. Levine vuelve a fotografiar esas imágenes recuadrándolas para que sólo apareciera en ellas el torso desnudo de Neil, con lo cual “podía argüirse que Weston estaba, de hecho, sumándose a uno de los tropos visuales más difundidos en la cultura occidental: remontándose al desnudo masculino del alto clasicismo griego, el mismo modelo de infinitas copias romanas, pero filtrado por la forma en que estas obras antiguas se habían recibido en el mundo posrenacentista, es decir, como fragmentos sin cabeza y sin brazos, el torso había llegado a simbolizar la totalidad rítmica del cuerpo”⁴⁵³ ¿Es la imagen de Weston original?. Original, originalidad y origen se cuestionan en la obra de los artistas apropiacionistas, reflexionando sobre los mecanismos que actúan en la culturización del arte, explorando la estructura del objeto y su codificación ideológica.

El trabajo de Cindy Sherman (1954-) se remonta a la década de los setenta con los llamados *Untitled Film Stills* (1977), en los que realiza una crítica a los estereotipos femeninos de la época, difundidos y asimilados a través de los papeles asignados a la mujer en el cine de serie B. En esta serie de autorretratos muestra la mujer bella e ingenua que sueña con ser: la abnegada ama de casa, la dama de la alta sociedad, la prostituta, la intelectual..., interrogándose sobre la identidad femenina y concluyendo que la mujer no es más que un montón de clichés generados por los telefilmes y la publicidad. Evoca con sus disfraces la despersonalización y la noción de identidad como puesta en escena. Con éste trabajo Cindy Sherman proclama

⁴⁵³ Foster, Hal, R. Krauss, Y. Boris, B. Buchloh. *Op. Cit.* Pág. 580.

*“que no hay un Yo, sino, como mucho, ficciones del yo. Tampoco hay identidad personal sino una especie de identidad colectiva de la que cada uno o cada una se abastecería, como de un depósito de potencialidades finitas de gestos, actitudes y afectos.”*⁴⁵⁴



360. Cindy Sherman. *Untitled*, film still 6, 14 y 36, 1977

El uso del medio fotográfico por parte de estos artistas procede del pensamiento de Walter Benjamin (1842-1940), propuesto en su obra *La obra de arte en la época de la reproductibilidad técnica* y de la interpretación posterior del medio llevada a cabo por Douglas Crimp, según el cual

“la actividad fotográfica de la posmodernidad actúa, como cabe esperar, en complicidad con estas modalidades de la fotografía—como—arte, pero lo hace sólo para subvertirlas y superarlas. Y lo hace precisamente en relación

⁴⁵⁴ Baqué, Dominique. *La fotografía plástica*. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona. Pág. 227

*con el aura, pero no para recuperarla, sino para dislocarla, para demostrar que también ahora es sólo un aspecto de la copia, y no el original*⁴⁵⁵.

La exposición *Pictures* creó un camino donde, según el crítico italiano Germano Celan (1940-), “*el conocimiento y la mirada ya no tenían el mundo real ni sus componentes emocionales como referencia; su modelo era el mundo reproducido filmicamente, fotográficamente, topográficamente, etc., lo que equivalía a decir que la imagen sólo existía en su doble o remake*”⁴⁵⁶.

Los referentes para estos artistas serán las teorías posestructuralistas y posmodernas de Jean-François Lyotard (1924-1998), Michel Foucault (1926 -1984), Jacques Derrida (1930-2004) y Jean Baudrillard (1929- 2007). Además de las propuestas por Roland Barthes (1915 -1980) y Walter Benjamin (1892-1940) sobre la muerte del autor y la desaparición del aura, se incorporarán conceptos como *simulacro*, donde no existe distinción entre representación y realidad, entre el signo y su referente real; *deconstrucción*, que desmonta las capas de sentido un texto con la intención de que adopte un sentido presente; *hiperrealidad*; *simulación* o la distinción realizada por Foucault entre *semejanza*, donde el elemento original considera y ordena las copias que de él surgen, y *similitud*, donde el original y la copia se confunde. “*La semejanza sirve a la representación, que reina sobre ella, la similitud sirve a la repetición que corre a través de ella*”⁴⁵⁷.

⁴⁵⁵ Crimp, Douglas. *La actividad fotográfica de la posmodernidad*. En *Efecto real. Debates posmodernos sobre fotografía*. Jorge Ribalta (ed.). Editorial Gustavo Gilli. Barcelona 2004. Pág. 157. Texto *The Photographic Activity of Posmodernism* publicado en October, 15, Invierno 1980. Págs. 91 -101

⁴⁵⁶ Guasch, Anna María. *El arte último del siglo XX del posminimalismo a lo multicultural*. Alianza Editorial. Madrid. 2000. Pág. 379

⁴⁵⁷ Foucault, Michel. *Esto no es una pipa. Ensayo sobre Magritte*. Editorial Anagrama. Barcelona. 1981. Pág. 64

Estos conceptos serán utilizados por unos artistas posmodernos, entre los que destacan Cindy Sherman (1954-), Barbara Kruger((1945-), Louise Lawer (1947-), Sarah Charlesworth (1947-), Richard Prince(1949-), James Casebere (1953-), y Laurie Simmons (1949-), que

“trataban la fotografía no sólo como un imagen serial, un múltiplo sin impresión original, sino también como una imagen simulada, una representación sin un referente garantizado en el mundo. Es decir, tendían a considerar la fotografía menos como una huella física o una impronta indicial de la realidad que como una construcción codificada que produce efectos de lo real, y con diferentes acentos contribuyeron a investigar estos efectos”⁴⁵⁸



361. Laurie Simmons, *Lying Book (Color)*, 1990



362. Richard Prince. *Untitled (Cowboy)*, 1989

⁴⁵⁸ Foster, Hal, R. Krauss, Y. Boris, B. Buchloh. *Op Cit*. Pág. 586.



363. B. Kruger. *I Shop Therefore I Am (II)*, 1987



364. J. Casebere, *Green Staircase 3*, 2006

7-3 SE DENOMINAN PINTORES, SE DENOMINAN FOTÓGRAFOS

Por otro lado, las prácticas artísticas conceptuales habían permitido la entrada de la fotografía en las galerías de arte. Realizada por artistas no fotógrafos o fotógrafos profesionales en colaboración con los artistas, las fotografías son consideradas como obras de arte autónomas, cuestionando la hegemonía de la obra pictórica “como modelo de autonomía de la obra

visual⁴⁵⁹. Estas prácticas conceptuales y apropiacionistas cuestionarán a su vez el modelo documentalista y artístico utilizado en el medio fotográfico desde sus orígenes, únicamente franqueado por algunos artistas pertenecientes a las vanguardias de principio de siglo XX. Éstas habían consumado “*una verdadera ruptura epistemológica en relación con la naturaleza, el estatuto y la función del medio fotográfico [...]*. Esta remodelación ontológica del medio se verá acompañada, de modo progresivo, por un movimiento institucional⁴⁶⁰”, lo que había dado lugar a una serie de muestras expositivas que ensayaban nuevas formas de entender la fotografía por parte de fotógrafos y artistas. *Ils se disent peintres, Ils se disent peintres photographes* (Se denominan pintores, se denominan fotógrafos) estuvo organizada por Michel Nuridsany en 1980 con la idea de cotejar trabajos realizados por fotógrafos profesionales, que publicaban en revistas fotográficas y exponían sus trabajos en galerías, y artistas que utilizaban la fotografía como medio de expresión, distanciándose de la estética fotográfica profesional vinculada a las asociaciones fotográficas que desde el siglo XIX habían desarrollado una trayectoria estética muy purista. Esta exposición

“fue sin duda el detonante de un proceso lento pero sin fisuras que permitió la irrupción en los circuitos artísticos de un nuevo tipo de obras - *photographie-tableaux* -, así como una nueva clase de creadores que adoptaron la fotografía en tanto lenguaje clarificador de sus mensajes, utilizándola sin prejuicios, con la misma libertad que podían usar el pincel, el óleo o la madera, como medio de investigación artística⁴⁶¹”.

⁴⁵⁹ Guasch, Anna María. *El arte del siglo XX en sus exposiciones, 1945 – 2007*. Ediciones del Serbal. Barcelona 2009. Pág. 345

⁴⁶⁰ Baqué, Dominique. *Op Cit.* Pág.43

⁴⁶¹ Guasch, Anna María. *Op .Cit.* 2009. Pág. 345

Los “*cuadros fotográficos*” aparecerán a principios de los ochenta, y será el crítico e historiador Jean François Chevrier quien esbozará este nuevo modelo fotográfico intrínsecamente relacionado con la pintura:

*“La fotografía contemporánea era despreciada, marginada, y tampoco había ninguna obra lo bastante convincente como para romper tal perjuicio negativo. El perjuicio subsiste, por supuesto, pero cada vez parece más infundado, cada vez es más insostenible. Gracias a artistas como Cindy Sherman, Jeff Wall, Thomas Struh, Patrick Tosani, Jean-Marc Bustamante, John Coplans, Craigie Horsfield o Suzanne Lafont, la fotografía se considera hoy una herramienta entre las demás, una herramienta legítima para producir imágenes artísticas. En las paredes de los museos y las galerías se exponen fotografías como cuadros, en calidad de cuadros.”*⁴⁶²

De esta manera algunos fotógrafos acceden al status de artista; *“lo que diferencia a estos artistas de cualquier fotógrafo (aunque sean excelentes fotógrafos) es el proyecto artístico, más aún, el proyecto ideológico, conceptual, que les ha llevado a definirse como fotógrafos”*⁴⁶³.

Uno de los ejemplos tomados por Chevrier es la obra del fotógrafo canadiense Jeff Wall (1946-), situada entre las bellas artes y los medios de comunicación. *“La noción de cuadro fotográfico reconstruida por Jeff Wall se sitúa en esa distancia, propia*

⁴⁶² Chevrier, Jean Francois. *El cuadro y los modelos de la experiencia fotográfica en “Indiferencia y singularidad. La fotografía en el pensamiento artístico contemporáneo*. Gloria Picazo y Jorge Ribalta editores. 1997. Museo de Arte contemporáneo de Barcelona.

⁴⁶³ Olivares, Rosa. *Miedo a la oscuridad*. Revista Lápis nº 84. Madrid. Febrero 1992. Págs. 38-41

*del arte moderno, entre la tradición del arte académico (distinto de las artes aplicadas), dominada por la pintura de historia y el régimen de las imágenes mediáticas. El cuadro es efectivamente un plano frontal, delimitado, constituido como objeto autónomo (desplazable y por tanto independiente de su lugar de exposición)*⁴⁶⁴. Su proyecto artístico emplaza en la época actual el género pictórico decimonónico de los cuadros históricos de gran formato que estaban sujetos a programas iconográficos extraídos de textos canónicos; Wall reconstruye estos cuadros a través de escenas cinematográficas, utilizando un proceso muy cercano al empleado en cinematografía, para lo cual desarrolla una escenografía afín a una situación de manera que parezca encontrada y fotografiada de forma instantánea, arremetiendo así contra el mito de la instantaneidad y planteando su simulación como una tensa relación entre lo real y lo ficticio. Los instantes atrapados en éstas simulaciones suelen ser momentos perturbadores, violentos y en algunos casos grotescos, a pesar de estar relacionados directamente con lo cotidiano. La forma de presentación de las escenas es similar a la empleada por algunos publicistas para atraer la atención de los consumidores; grandes ampliaciones Cibatrans montadas en cajas en las que se instala un sistema de iluminación para poder dar luz a las fotografías. Estas cajas de luz atraen al espectador en un primer momento, acercándolo al propio espectáculo con la intención de crear una observación activa en él, acostumbrado a los reclamos publicitarios que se presentan directamente sin ser requeridos por el sujeto. Lo que allí se encuentra son escenas de la vida urbana donde se puede apreciar la violencia física, lo cotidiano y banal de la vida de los burgueses, de los marginados, describiendo la ficción y el simulacro de la vida moderna con alusiones a la historia del arte.

⁴⁶⁴ Chevrier, Jean Francois. *Op. Cit.* Pág 203.



365. Jeff Wall. *Dead Troops Say. Dead Troops Talk is A vision after an ambush of a Red Army patrol, near Moqor, Afghanistan, winter 1986, 1992*

La posición más purista del medio está definida por Jean-Claude Lemagny y su *fotografía creativa* que se aparta radicalmente del arte contemporáneo, reivindicando una fotografía realizada con recursos estrictamente fotográficos y una recuperación del aura, pretendiendo “*de ese modo rehabilitar la obra de arte en sus determinaciones más tradicionales así*

*como preservar la lógica de un medio cuya historia autónoma –debemos insistir en ello- se piensa no sólo como posible sino también como necesaria*⁴⁶⁵.

Otra postura es la definida por Abigail Solomon-Godeau que diferencia la *postmodernist photography* (fotografía postmoderna) de la *fine-art photography* o fotografía que quiere alcanzar un status artístico.

Estas posturas, bastante heterogéneas entre sí, nos muestran la indeterminación que sigue existiendo en el medio con respecto a su función artística, si bien a estas alturas podemos estar de acuerdo con la afirmación de Dominique Baqué en la cual *“la fotografía constituye una Imagen ontológicamente incierta y pobre que no cesa de dudar [sin embargo] ha puesto en tela de juicio al resto de las prácticas artísticas y, de forma más radical, a los principios mismos del arte*⁴⁶⁶. Por ello ha alcanzado ese protagonismo en el mundo del arte de final de siglo XX y principio de siglo XXI, propiciando relaciones entre varios lenguajes artísticos, explorando nuevas formas de obtención de imágenes y adjudicándoles diferentes significados al contextualizarlas en un espacio distinto al que tenían como referente.

Este proceso se ha extendido en el final del milenio y principio del siglo XXI con las prácticas de archivo, donde los artistas buscan, recopilan y construyen imágenes, objetos o textos, convirtiendo *“en físicamente presente una información histórica en ocasiones perdida, otras desplazada*⁴⁶⁷

⁴⁶⁵ Baqué, Dominique. *Op. Cit.* 2003. Pág.46

⁴⁶⁶ Baqué, Dominique. *Op.Cit.* 2003. pág.47.

⁴⁶⁷ Foster, Hal. *An Archival Impulse*. October n° 110 otoño 2004. pág. 3-22. Citado en Guasch, Anna María. *El arte del siglo XX en sus exposiciones, 1945 – 2007*. Ediciones del Serbal. Barcelona 2009. Pág. 436

7-4 EL ARCHIVO

A finales del siglo XX Allan Sekula (1951-) investigó las conexiones existentes entre la fotografía policial, el archivo y el discurso artístico contemporáneo abordando *“las posibilidades de la acumulación de imágenes y del retrato social como forma alternativa al archivo, modelo en el que el fotógrafo reconoce un tratamiento burocrático de los materiales”*⁴⁶⁸, que según Anna María Guash *“manifiesta y forma parte en apariencia de un estado de conformismo burocrático”*⁴⁶⁹.

La primera exposición que hace referencia a este nuevo paradigma en el discurso artístico contemporáneo se realiza en Múnich, en 1998 y lleva por título *Deep Storage. Collecting, Storing and Archiving in Art*⁴⁷⁰; en ella se exponen obras de artistas americanos y europeos que desde los sesenta han trabajado con cuestiones relacionadas con el archivo como acumulación, ordenación y categorización de objetos que en ocasiones hacen referencia a la memoria. A partir de este momento se desarrollará un trabajo de artistas visuales que se han valido del archivo para registrar, coleccionar, almacenar o crear imágenes que, archivadas, han devenido inventarios, tesauros, atlas o álbumes, cambiando su contexto y aportando a estas imágenes nuevos significados.

La fotografía es el medio elegido por la mayoría de estos artistas por su carácter documental, una propiedad distintiva del archivo en su referencia a la memoria; acumulándose en las colecciones, inventarios, atlas y series fotográficas que documentan diversos ámbitos de naturaleza variable.

⁴⁶⁸ <http://radio.museoreinasofia.es/entre-la-fotografia-y-el-documento> [15-01-2013]

⁴⁶⁹ Guash, Anna María. *Arte y Archivo 1920- 2010. Genealogías, tipologías y discontinuidades*. Editorial Akal. Madrid. 2011. Pág. 10.

⁴⁷⁰ *Deep Storage: Collecting, Storing, and Archiving in Art* / Edited by Ingrid Schaffner and Matthias Winzen. Munich ; New York : Prestel, 1998.

En el arte podemos remontarnos a la *Nueva Objetividad* alemana con fotógrafos como August Sander (1867-1964) y Karl Blossfeldt (1865-1932) que desarrollaron un proceso fotográfico de catalogación y archivo, más propio de la ciencia que del arte, en su intención por documentar la sociedad alemana del periodo de entreguerras, en el caso de Sander, o realizar un muestrario de formas vegetales con intención de trasladarlas al arte de la forja, en el de Blossfeldt. Esta manera de proceder, muy vinculada a la cultura germana en su deseo de organizar el conocimiento de las cosas, se desarrollará en los sesenta generando un formato de tipología fotográfica que creará una escuela que evolucionará hasta nuestros días, y que ya ha sido expuesta a lo largo de esta investigación.

El origen de esta tendencia, que está muy estimada en el momento actual, lo encontramos en el matrimonio Becher “*que trabajaron un proyecto de archivo basado en el acto repetitivo, y en ocasiones cercano a la neutralidad del arte conceptual, de documentar la realidad externa*”⁴⁷¹. Sus jóvenes alumnos: Ruff, Gursky, Höffer,...

*“manifiestan su interés por la fotografía y el archivo de una manera más ambigua: el archivo es simultáneamente adoptado y rechazado hasta el punto que se podría hablar de un anarchivo destinado a producir campos de relación dinámicos e inéditos, donde las fuentes iconográficas a las que alude el archivo, más allá de su cualidad documental, buscan desestabilizar el significado original para recontextualizarlo de nuevo”*⁴⁷²

⁴⁷¹ Guash, Anna María. *Op.Cit.* Pág. 227

⁴⁷² Guash, Anna María. *Op.Cit.* Pág.227

dando como resultado trabajos tan interesantes como *Cassini* o *ma.r.s* de Ruff, *Bologna Series* de Höffer o *Terra Incognita* y *Norte/Sur* de Axel Hütte, donde se autodefine como “*un viajero en el tiempo y en el espacio*”⁴⁷³ en la creación de un archivo de paisajes terrestres. Estos fotógrafos contemporáneos asumen “*el hecho de que la regularidad de la visión humana es fragmentaria y no indivisible, seleccionada y no total*”⁴⁷⁴ acercándose a la manera de proceder examinada en la creación de una imagen científica, construida a través de fragmentos para configurar un todo que responde a un modelo matemático o una teoría que predice el comportamiento de algún fenómeno natural. Estas imágenes conforman los numerosos archivos científicos que en último término exploran los confines de un Universo al que pertenecemos.⁴⁷⁵

8 UTILIZACIÓN DE LAS FOTOGRAFÍAS E IMÁGENES CIENTÍFICAS EN EL ÁMBITO ARTÍSTICO ACTUAL.

Dentro del panorama artístico actual, el uso de imágenes y fotografías extraídas de archivos científicos o la realización de obras inspiradas en dichas imágenes o en modelos y teorías científicas es cada vez más habitual. Estas prácticas se extienden actualmente a múltiples ámbitos artísticos, desde el dibujo y la pintura a la escultura o las instalaciones, si bien en esta tesis me centro exclusivamente en los usos basados en la imagen y fotografía científicas que dan como resultado otras imágenes o fotografías que tienen como fondo discursivo y conceptual un argumento que hunde sus raíces en el complejo y cambiante mundo de la ciencia y la tecnología, ya sea cuestionándolos o elogiando y divulgando sus propuestas.

⁴⁷³ Entrevista a Axel Hütte en http://salonkritik.net/archivo/2006/05/axel_huette_soy.php [15-12-12].

⁴⁷⁴ Guash, Anna María. *Op.Cit.* Pág.227

⁴⁷⁵ Para profundizar en el tema del uso de los archivos por parte de los artistas contemporáneos se puede consultar la Tesis realizada por Eirini Grigoriadou y dirigida por Anna María Guash. *El archivo y las tipologías fotográficas. De la Nueva Objetividad a las nuevas generaciones de fotógrafos en Alemania: 1920-2009*. Universitat de Barcelona 2010

Tal y como se ha contemplado a lo largo de esta investigación, los artistas de vanguardia vincularon su trabajo al desarrollo científico y tecnológico de su tiempo a través de intercambios de ideas y conocimientos entre sujetos procedentes de diversas disciplinas, así como en las formas de investigación y experimentación que plantearon en su actividad como creadores, equiparándolas a los modos de proceder en el ámbito de la ciencia, ya que *“los artistas de la vanguardia necesitaban sentir que su trabajo estaba en sintonía con el de los científicos y que sus exploraciones tenían una dimensión objetivable”*⁴⁷⁶.

Uno de los movimientos fotográficos de este periodo se denominará *Nueva Objetividad*, que se opondrá a la experimentación fotográfica de la Bauhaus, así como a las tendencias experimentales dadaístas y surrealistas (fotomontajes, collages, fotogramas, solarización, etc.), rechazando cualquier vinculación con la pintura y toda artificialidad fotográfica, manipulación o subjetivismo encubierto, limitándose a transcribir literalmente las cosas. Obras como la del fotógrafo Albert Renger-Patzsch (donde se enfatiza la morfología de los objetos utilizando a menudo toma frontal), August Sander o Karl Blossfeldt *“reivindican para la fotografía la posibilidad de crear con sus propios medios imágenes que existan por sí mismas, sin tener que deberle nada a la pintura”*⁴⁷⁷.

Este movimiento sería una extensión de la fotografía directa (*Straight Photography*) americana y de sus propuestas estéticas (gran nitidez en la imagen, extensa gradación tonal, profundidad de campo, ningún tipo de manipulación...). En este momento la fotografía se veía como un producto de la realidad, *“pero ni siquiera entonces representaba la evidencia del mundo,*

⁴⁷⁶ Del Rio, Víctor. *El espacio ideológico del arte y la ciencia*. Lápis. Revista internacional de arte, año XIX, n.º 193. Madrid. 2003. Págs. 28-39

⁴⁷⁷ Sougez, Marie Loup. *Historia de la fotografía*. Cuadernos de arte Cátedra. Ediciones Cátedra. Madrid. 1994. Pág. 380.

*sincronizaba nuestra mirada con el mundo: es nuestra mirada cambiante sobre el mundo y algunas veces es también una mirada sobre nuestra propia mirada*⁴⁷⁸.

Los artistas y fotógrafos contemporáneos han comprendido que *“las fotos no son más que una parte de las imágenes- memoria o imágenes- representación con las que el ser humano interpreta el mundo, como lo hacía antes de la invención de la fotografía y como continua haciéndolo en la actualidad a través de las imágenes digitales*⁴⁷⁹.

Además, las imágenes científicas altamente tecnificadas, que en muchos casos son simulaciones que responden a un modelo matemático;

*“no representan tanto el mundo que nos rodea o partes de él, sino que más bien están vinculadas a un universo de términos abstractos. Son imágenes precisas y reales, pero sólo son reales en ese sentido, porque obedecen estrictamente a su algoritmo y no a su supuesto concepto, o en otras palabras, al objeto que supuestamente representan*⁴⁸⁰.

⁴⁷⁸ Hans Belting, *Bild- Anthropologie: Entwürfe für eine Bildwissenschaft*, Múnich 2001. Citado por Fernández, Horacio. *Documental*. En *El mundo descrito. Imagen, ciencia y documento*. Fundación ICO Madrid 2008 pág. 40

⁴⁷⁹ Fernández, Horacio . *Op Cit*. Pag. 40

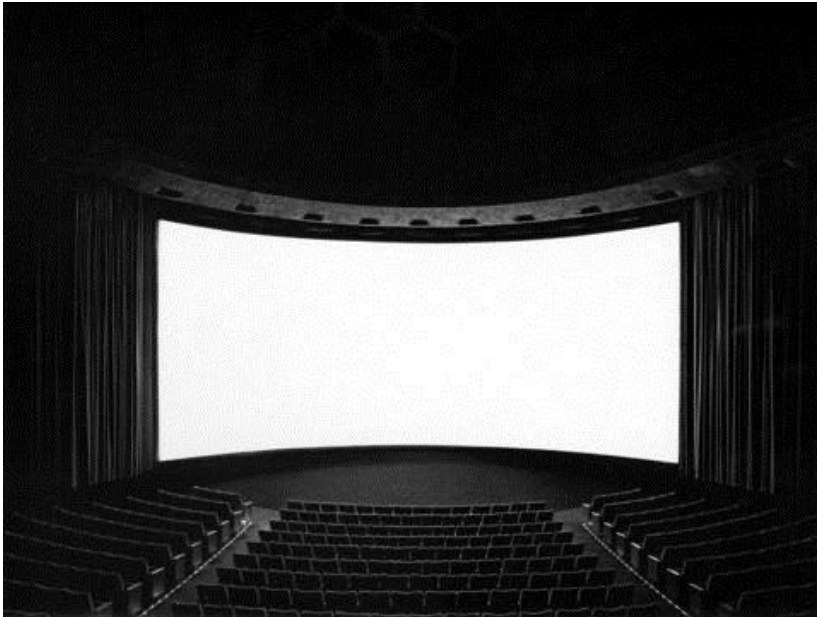
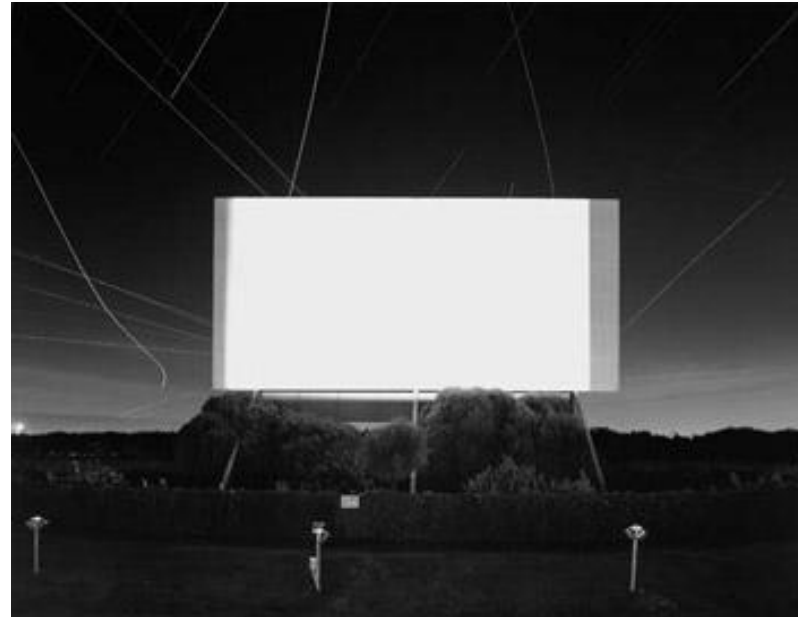
⁴⁸⁰ Fernández, Horacio . *Op Cit*.

8-1 HIROSHI SUGIMOTO

Dentro del panorama internacional se pueden destacar varios artistas que toman la imagen científica o el razonamiento científico en alguna de sus múltiples disciplinas como fuente de inspiración de una parte de sus trabajos.

En la obra de Hiroshi Sugimoto (1948-) perteneciente a las series *Theaters* y *Drive ins* podemos advertir cómo la fotografía puede representar una expresión del tiempo; el obturador de la cámara permanece abierto durante la duración de la proyección cinematográfica y con la luz desprendida de ésta se ilumina el interior de la sala que está completamente vacía. La pantalla queda completamente en blanco, una visión claramente suprematista, aludiendo al carácter efímero de la proyección cinematográfica y también a la cantidad de información acumulada que, como comenta el autor, “*contienen demasiada información, y exceso de información equivale a vacío*”⁴⁸¹. Conjugando el tiempo, el espacio y el vacío reflexiona sobre estos conceptos físicos notablemente para finalizar con una imagen que nos muestra una acumulación de luz que oculta la información esencial, la proyección cinematográfica, revelándonos el espacio que permanece invisible durante toda la proyección, la sala o espacio de proyección, y cuya importancia está al margen de la información que se está percibiendo.

⁴⁸¹ Conversación con Hiroshi Sugimoto. En *Sugimoto*. Fundación “la Caixa”. Madrid. 1998. Pág. 17

366. Sugimoto. *Cinerama dome Hollywood, Theaters*, 1993367. Sugimoto, *Drive in*, 1993

Posteriormente, sus propuestas se introducirán en el campo de la matemática y la física clásica, en sus series *Conceptual Forms* y *Lightning Fields*. Sus *Conceptual Forms* se dividen en dos grupos: el primero, denominado *Mathematical Forms*, relacionado directamente con las ciencias exactas, muestra representaciones escultóricas de modelos matemáticos diversos que interpretan funciones trigonométricas complejas. Este grupo, que hace posible la visualización objetual de ecuaciones matemáticas, se subdivide en dos subgrupos *Mathematical Forms: Surfaces* y *Mathematical Forms: Curves*. Ambos tienen como objeto la visualización de conceptos matemáticos abstractos que analizan las formas geométricas en un espacio tridimensional y bidimensional, que tiene en las ecuaciones su expresión más común y en la aplicación en el campo de la ingeniería su utilización más funcional. Ejemplos como *Helicoid: minimal surface*, que está representada tridimensionalmente

por el siguiente conjunto de ecuaciones: $x = a \sinh v \cos u$; $y = a \sinh v \sin u$; $z = au$; $(0 \leq u < 2\pi , -\infty < v < \infty)$, o *Conic surface of revolution with constant negative curvature*, donde su expresión matemática en un espacio tridimensional caracterizado por los tres ejes x,y,z viene dada por la forma: $x = a \sinh v \cos u$; $y = a \sinh v \sin u$; $z = \int_0^v \sqrt{1 - a^2 \cosh^2 t} dt$; $(0 < a < 1 , 0 \leq u \leq 2\pi)$, adquieren forma y son fotografiados elegantemente por Sugimoto, unificando en su obra la ciencia y el arte, en su intención de hacer visible lo invisible.



368-369. Sugimoto. *Mathematical Forms*
Helicoid Minimal Surface, 2004



Conic surface of revolution with constant negative curvature, 2004

El segundo grupo, denominado *Mechanical Forms*, muestra una serie de objetos mecánicos, mecanismos simples realizados en Inglaterra durante el siglo XIX, cuya función era mostrar los movimientos básicos realizados por las máquinas, modernas en esa época, así como la transformación del movimiento angular en movimiento lineal, oscilante o alternativo, e inversamente, realizado por los mecanismos biela–manivela, piñón-cremallera, tornillo-tuerca y otros similares, tal como se aprecia en obras como *Slider crank mechanism*, *Lever crank mechanism* o *Screw*.

Este grupo de objetos pertenece al ámbito de las ciencias físicas, basadas en la mecánica clásica elaborada por Isaac Newton (1642-1727), a través de las leyes fundamentales de la dinámica y la ley de gravitación universal. Su aplicación en el campo de la ingeniería dio como resultado la construcción de diversas máquinas que mecanizaron diferentes tipos de industrias y transportes, dando lugar a la revolución industrial a mediados del XVIII.

Arte, ciencia y tecnología vuelven a confluir en la obra de Sugimoto:

*"estas máquinas y modelos han sido creados sin ninguna intención artística. Eso es precisamente lo que me ha empujado a realizar esta serie de fotografías y a llamarla Formas conceptuales. El arte puede surgir sin que haya una intención artística a priori e incluso puede ser mejor sin ésta"*⁴⁸².

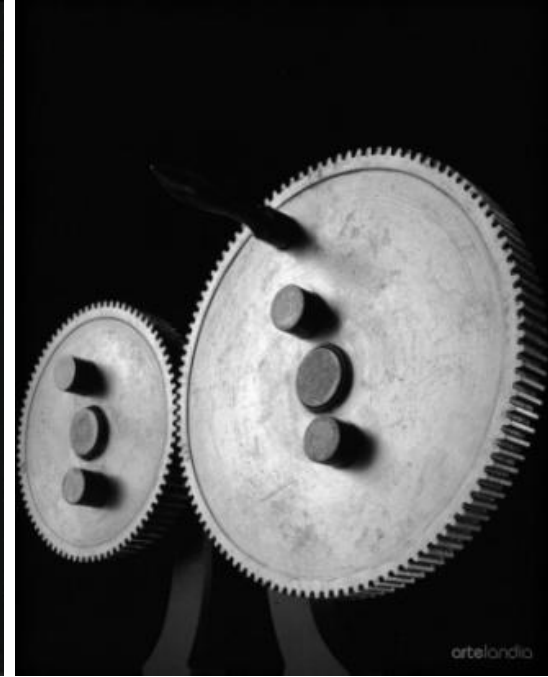
⁴⁸² Sugimoto, Hiroshi. *Conceptual Forms*. Fondation Cartier pour l'art Contemporain. Thames & Hudson. London 2004. Pág. 11



370. Sugimoto, *Spherical lever crank Mechanism*, 2004



371. Sugimoto .*Screw*, 2004



372. Sugimoto. *Spur Gears*, 2004

Como ocurre en esta tesis, donde la imagen científica se descontextualiza de su ámbito racional y se exime de su principal función para buscar nuevos significados, vinculados a las prácticas artísticas desarrolladas a lo largo del pasado siglo. Esto da lugar a una nueva manera de interpretar la realidad; una realidad objetivada y racional que se apoya en complejas ecuaciones matemáticas y modelos desarrollados por la física teórica, pero que suele ser escurridiza e inaccesible en muchas ocasiones, a falta de dispositivos más sensibles y desarrollados; una realidad construida y en ocasiones simulada, que tiene un atractivo visual y estético en consonancia al periodo histórico en el cual se desarrolla.

Sugimoto actúa a la manera de Duchamp, recuperando objetos y formas extraídas del campo de la ciencia en lugar de cotidianas piezas manufacturadas, con la intención de utilizarlas como obra de arte. Además relaciona este trabajo con *Le Grand Verre* (*El gran vidrio*) o *La casada desnudada por sus solteros, incluso*, donde las formas masculinas de los solteros se asocian a las formas mecánicas y las formas femeninas de la novia a las formas curvas y los modelos matemáticos. Deja patente la intención de explorar el espacio bidimensional y tridimensional de estas formas y modelos, y el propósito de explorar la cuarta dimensión implícita en *Le Grand Verre*.

El siguiente proyecto, *Lightning Fields*, continúa explorando las relaciones entre arte y ciencia, desarrollándose dentro del ámbito de la física clásica, en concreto de la rama de la electrostática⁴⁸³. Sugimoto utilizará un acelerador electrostático⁴⁸⁴, que tiene cierta analogía funcional con los aceleradores de partículas utilizados en la física de altas energías, como los expuestos en esta tesis, ubicados en el CERN; concretamente un generador Van de Graff que fue diseñado en 1929 por Robert J. Van de Graff (1901-1967) con la intención de acelerar partículas cargadas, sometiéndolas a un campo eléctrico intenso, para que colisionaran contra blancos fijos que revelaran las características de los núcleos del material constituyente. El generador obtiene la tensión continua llevando cargas eléctricas a través de una correa aislante que se carga en un extremo, cediendo su

⁴⁸³ Es la rama de la física que estudia los fenómenos que ocurren en una región determinada del espacio a causa de la presencia de cargas eléctricas inmóviles.

⁴⁸⁴ El acelerador electrostático es un acelerador de partículas las cuales son aceleradas por la acción de un campo electrostático. Este campo se obtiene por medio de una tensión eléctrica continua que se crea entre los extremos de un tubo vacío, en cuyo interior se inyectan las partículas que se desea acelerar.

El acelerador lineal es un acelerador de partículas las cuales son aceleradas por una tensión eléctrica alterna y recorren, en el interior de un recinto vacío, una trayectoria rectilínea.

En general los aceleradores de partículas son máquinas destinadas a comunicar a los corpúsculos de los dominios atómico y subatómico elevadas velocidades, es decir, energías cinéticas considerables, transformándolos así en proyectiles capaces de actuar eficazmente sobre otros corpúsculos, que servirían de blanco. En todas las fuerzas son creadas por la acción de un campo eléctrico. Por ello sólo pueden ser directamente utilizados sobre partículas electrizadas (protones, electrones, deuterones o iones pesados) para dirigir su trayectoria en aceleradores circulares se utilizan campos magnéticos ya que su fuerza es perpendicular a la velocidad del corpúsculo y no altera su energía. Basándose en la naturaleza y el papel de los campos eléctricos y magnéticos se clasifica a los aceleradores de partículas en uno u otro tipo: acelerador electrostático, acelerador lineal, betatrón, ciclotrón, sincrotrón, anillo de colisión. En Lévy Élie. Diccionario Akal de Física. Ediciones Akal. Madrid. 1992. Págs. 22-23

carga electrostática al otro externo formado por un conductor hueco, que es la esfera metálica característica de este tipo de generador, originando un gran potencial en la esfera y un intenso campo eléctrico fuera de ella. Cuando la intensidad del campo eléctrico llega a un límite determinado⁴⁸⁵ se produce una ruptura dieléctrica ionizándose el aire y originándose una descarga en arco que Sugimoto captura gracias a una emulsión fotosensible, dando como resultado una ramificación fractal azarosa y siempre distinta. Teóricamente, se consigue obtener el valor máximo de potencial o voltaje que hay en la esfera, así como la carga máxima que se puede acumular en ella sin que se produzca la ruptura dieléctrica del aire que la rodea. Sin embargo, al producirse la descarga en arco el flujo de cargas, adquiere una trayectoria impredecible, manifestándose como un relámpago luminoso muy intenso que Sugimoto, rememorando la figura de Henry Fox Talbot (1800-1877) y sus *Photogenic Drawings* (*Dibujos Fotogénicos*) creados “por mediación única de la luz”⁴⁸⁶, atrapa en la emulsión fotosensible sin necesidad de cámara fotográfica, quedando solamente la trayectoria de la luz “en todas las artes, es únicamente a luz, la luz incorruptible, lo que cuenta”⁴⁸⁷ con lo que revela la esencia misma del medio fotográfico, su fundamento tanto científico como experimental y artístico; arte y ciencia unidos espacial y temporalmente en una época que tiende a su disociación. Sin embargo, tal y como afirma el propio Sugimoto “to be a good photographer you have to be a scientist as well”⁴⁸⁸.

⁴⁸⁵ Es cuando $E = 3 \times 10^6$ V/m. En Tipler, Paul A.; Mosca, Gene. *Física para la ciencia y la tecnología. Volumen 2. Electricidad y magnetismo. Luz. Física Moderna*. Editorial Reverté. Barcelona 2005. Pág. 685

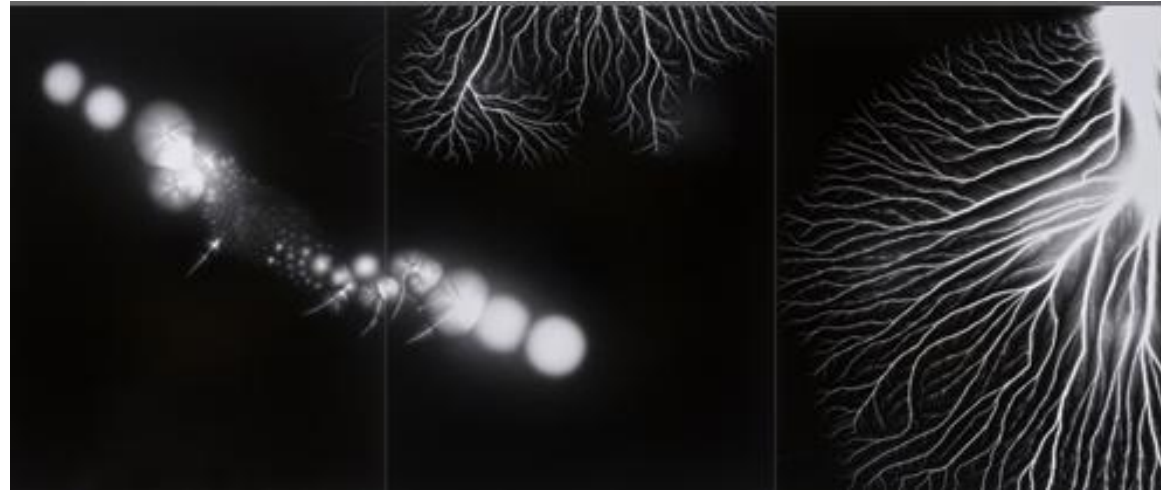
⁴⁸⁶ Gray, Michael. El camino hacia la fotografía. –Catalogo exposición. *Huellas de luz El arte y los experimentos de W. H. F. Talbot*. M.N.C.A.R.S. Madrid .2001. Pág. 49.

⁴⁸⁷ Apollinaire, Guillaume citado por Gray, Michael. *El camino hacia la fotografía*. –Catalogo exposición. *Huellas de luz El arte y los experimentos de W. H. F. Talbot*. M.N.C.A.R.S. Madrid .2001. Pág. 37

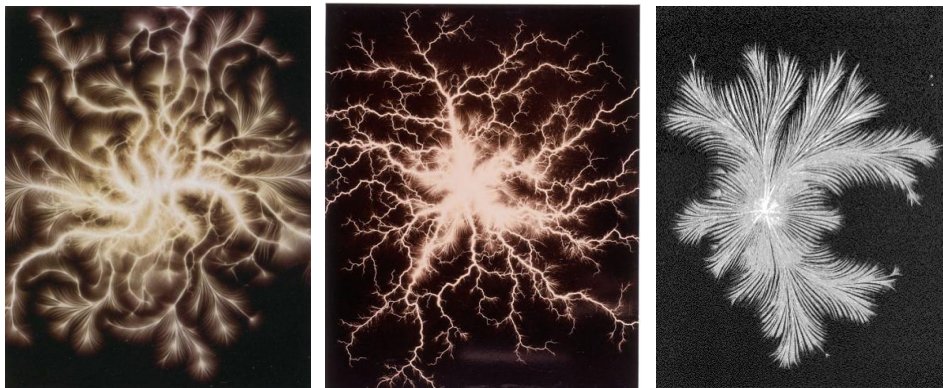
⁴⁸⁸ “para ser un buen fotógrafo tú tienes que ser un buen científico también”. Traducción del autor de la tesis. En <http://www.artinfo.com/news/story/30856/lightning-fields/> [17-06-2012].



373. Sugimoto con un generador Van der Graff

374. Hiroshi Sugimoto. *Lightning Fields*, 2009

Estos experimentos ya fueron propuestos y fotografiados en 1888 por el astrónomo francés Étinne Léopold Trouvelot (1827-1895). El potencial eléctrico era obtenido por una bobina Ruhmkorff o máquina Wimshurst, Trouvelot intentaba revelar el invisible y misterioso mundo de la electricidad, este fenómeno eléctrico ya lo había propuesto el científico alemán Georg Chistoph Lichtenberg en 1778, Trouvelot lo convirtió en imagen y sus resultados se pueden apreciar en sus *Trouvelot figures*.

375. Étinne Léopold Trouvelot, *Trouvelot figures*, 1888

A lo largo de esta investigación estamos tratando de vincular y demostrar las fuertes conexiones que existen entre la práctica científica y la creación artística, indicar que en el momento actual ambas disciplinas exploran y representan la realidad. *“No hay ninguna razón objetiva que nos obligue a establecer límites entre las distintas instancias del hacer humano. La cultura (en la forma de ciencia o arte) está siempre encarnada en un momento histórico. Y no hay más verdad en una que en otra. Simplemente hay verdad en ambas y una verdad intersubjetivamente comunicable”*⁴⁸⁹. Las dos muestran el mundo e intentan dotarlo de sentido y de belleza, puesto que *“ambas son actividades modalmente diferentes pero enraizadas en una misma acción humana y en una misma ontología”*⁴⁹⁰ y, como se está confirmando en este capítulo, *“el artista – dice Gombrich en Norma y Forma –trabaja como un científico. Sus obras existen no sólo por su interés intrínseco, sino también para mostrar ciertas soluciones a problemas. Las crea para que todos las admiren pero con la vista puesta principalmente en sus colegas artistas y en los entendidos, capaces de apreciar el ingenio de la solución ofrecida”*⁴⁹¹.



376. Sugimoto. *Polarized Color*, 2010

⁴⁸⁹ Castro, Sixto citado por Alfredo Marcos en *Arte y ciencia: mundos convergentes*. Plaza y Valdés Editores. Madrid 2010. Pág. 15.

⁴⁹⁰ *Ibidem*.

⁴⁹¹ Gombrich, E. H. *Norma y forma*. Alianza Universidad. Madrid. 1987 pág. 27. Citado por Xavier de Donato Rodríguez. *Cuatro visiones acerca de la relación entre arte y ciencia*. Castro, Sixto Marcos, Alfredo. *Arte y ciencia: mundos convergentes*. Plaza y Valdés Editores. Madrid. 2010. Pág. 114.

8-2 OLAFUR ELIASSON

El modo de proceder en los proyectos del artista danés-islandés Olafur Eliasson está más cercano a los equipos de investigación científicos contemporáneos (donde existen investigadores especialistas en diversas disciplinas científicas y técnicas) que al del artista decimonónico, romántico e individual, centrado en su propio lenguaje y ubicado en la última tendencia vigente. Su estudio, ubicado en Berlín, es un laboratorio experimental integrado por artistas plásticos, arquitectos, ingenieros, matemáticos o físicos, además de secretaria, administradores y representantes comerciales. Este tipo de talleres, más parecidos a estudios de arquitectos o equipos científicos interdisciplinarios, son habituales en artistas destacados en este momento como Jeff Wall, Jeff Koons, Thomas Demand o Tacita Dean. Ya existían desde hacía muchos siglos; acordémonos de los colaboradores de Velázquez, Rafael, Rubens, Rembrandt, Matisse, Giacometti o la Factoría de Warhol. La diferencia es el equipo multidisciplinar que los conforman actualmente y el proceso de experimentación e integración de las diversas disciplinas existentes en el momento actual, acercando el arte a la experiencia científica y al gran público que acude a sus exposiciones. En ellas, *“al contemplar uno de los divertidos trucos de Eliasson se animan encantados a formar parte del experimento”*⁴⁹², al tener la habilidad de realizar un tipo de arte comprensible para el gran público, porque *“Eliasson toma pedazos e ideas de casi todos los movimientos del siglo pasado para crear un batiburrillo fácil de entender, el efecto Eliasson, que está relacionado con la percepción y el espectador y nunca suscita la misma reacción”*⁴⁹³. Con ello, se aleja de la parte misteriosa e inaccesible para un público menos instruido. Sería algo similar a los libros de divulgación científica donde la ciencia se presenta libre de

⁴⁹² LeMieux- Ruibal, Bruno. *Humo y espejos*. Revista Lapiz n° 245 Julio 2008. Madrid. Pág. 74

⁴⁹³ *Op.Cit.* Pág. 72

complejas demostraciones matemáticas, con la intención de dar a conocer los conocimientos científicos de una forma más accesible.

El marco creativo de Eliasson se apropia de conceptos y magnitudes científicas, como el tiempo o el espacio, la forma de cuantificar y de percibir esas ideas de la manera más objetiva, así como de las herramientas y procesos tecnológicos utilizados en estas exploraciones. Muchos de sus trabajos fotográficos muestran esta forma creativa de proceder y se ajustan a las ideas desarrolladas en esta tesis como se comprobará a continuación.

The glacier series (1999) es una cuadrícula formada por 42 fotografías de 34 x 50 centímetros, a modo de archivo fotográfico y con una superficie de 244 x 404 centímetros, que representa diversos tipos de glaciares desde distintos puntos de vista aéreos, intentando abarcar toda su extensión y dimensión con respecto al vasto territorio que lo concentra. Este territorio es observado por el artista como un espacio en constante transformación, donde los procesos de cambio tienen un tiempo muy distinto al vivido por el ser humano, un tiempo geológico inalcanzable que, unido al constante movimiento masivo, genera una increíble fuerza transformadora del territorio que da lugar a un valle glaciar. Los glaciares “*fluyen hacia el valle constantemente arrasando a su paso, lento pero irresistible, los prados y los bosques que los rodean, ejecutando a lo largo de siglos una labor de desolación que un río de lava podría cumplir en una hora, pero de consecuencias mucho más irreparables; porque allí por donde el hielo ha descendido una vez, hasta la planta más robusta se niega a crecer*”⁴⁹⁴; una visión romántica que descubre la experiencia sublime que, unida a la exploración científica más objetiva, conforman los ingredientes utilizados por Eliasson para

⁴⁹⁴Bysshe Shelley, Percy. *Pheacock's Memoirs Of Shelley: with Shelley's Letters to Pheacock*. Edición de H.F.B. Brett-Smith. Londres: John Murray. 1860. Citado por Macfarlane, Robert. *Las montañas de la mente*. Alba Editorial. Barcelona 2005. Pág 148

realizar la mayoría de sus series fotográficas. Éstas acompañan a instalaciones en las cuales se utilizan estructuras y sistemas tecnológicos complejos, añadiendo así a la obra un tercer componente más artificial y contemporáneo, el tecnológico.



377. Olafur Eliasson, *The glacier series*, 1999

Jökulsvelgir (2007) es un trabajo en el cual intenta introducirse en las profundidades de un glaciar, grabando los sonidos que se producen en sus simas y fotografiando las grietas más superficiales, ya que todo lo demás permanece invisible al ojo humano, escuchándose únicamente el torrente provocado por el deshielo, liberando así la historia geológica de la tierra.



378. O. Eliasson, *The Glacier Mill Series*, 2007

Su serie *Jökla* (2004) está formada por una cuadrícula de 48 fotografías aéreas del río Jökla a lo largo de su curso por tierras islandesas. Las imágenes muestran la belleza y plasticidad natural de un paisaje que próximamente se va a ver alterado por la construcción de una fábrica, tomando así un enfoque discursivo de carácter ecológico y de defensa del salvaje territorio islandés. Se trata de una superficie que explora de manera minuciosa en *Cartographic Series*, donde las imágenes obtenidas por satélites artificiales configuran distintos paneles en los que se descubre *La Naturaleza de las Cosas* (*The Nature of Things*)

en sus diversas series I, II, III y IV. En ellas, abstracción y realidad conforman un mismo lenguaje que representa la naturaleza en su estado fundamental, donde lo microscópico y macroscópico se funden, perdiéndose la escala humana; un lugar donde el punto de vista cenital aplanar el territorio y oculta el horizonte que Eliasson revela en *The Horizon Series*, un panel de 40 fotografías cuya superficie este 557,5 centímetros x 226 centímetros.

El inusual punto de vista aéreo fue propuesto por Nadar, Gaspard Félix Tournachon (1820-1910), gracias a su afición por volar en globos aerostáticos, dándose cuenta de que *“la fotografía aérea se podía utilizar para alzados topográficos, al tiempo que suministraría valiosas indicaciones sobre los movimientos del enemigo en tiempo de guerra”*⁴⁹⁵. Nadar tomó las primeras imágenes aéreas en 1858 desde un globo a unos 80 metros de altura sobre la población de Val de Bièvre, una localidad cercana a París. Posteriormente, el ejército alemán comenzó a experimentar con fotografías aéreas y técnicas de fotogrametría con la intención de medir grandes superficies. El uso de la fotografía aérea se incrementó durante la I Guerra Mundial, y algunos artistas de las vanguardias soviéticas se interesaron por esta nueva perspectiva;

*“la consciencia de este nuevo espacio y del sorprendente aspecto del paisaje visto desde el aire aumentaban en relación directa al desarrollo de la aviación y a la creciente preocupación de los fotógrafos por la fotografía a vista de pájaro”*⁴⁹⁶.

⁴⁹⁵ Sougez, Marie-Loup, *Op Cit* .Pág. 57. y Pág. 166

⁴⁹⁶ Scharf, Aaron.*Op.Cit.* Pág. 313

Como ya hemos señalado anteriormente el movimiento suprematista propuesto por Malévich se inspira directamente de estas imágenes, desarrollando un nuevo lenguaje plástico que tiene la geometría y la abstracción como principales protagonistas y la intención “*de transmitir la consciencia de la cultura de la máquina metálica y el espectáculo de la edad espacial*”⁴⁹⁷. Aunque la importancia de estas imágenes era más documental que estética, muchos artistas como Malévich vieron en las vistas aéreas un “*nuevo lenguaje moderno que expresara las transformaciones políticas y culturales que tan fervientemente deseaban impulsar con sus obras*”⁴⁹⁸. Entre ellos destacan El Lissitzky (1890-1947), Lazlo Moholy-Nagy (1895-1946), Alexander Rodchenko (1891-1956) o Alvin Langdon Coburn (1882-1966).

Como se consideró en otros capítulos al concluir la II Guerra Mundial el arte abandonó su fascinación hacia la máquina, adentrándose en territorios más sombríos y esenciales, alcanzando la materialidad informalista y la abstracción sublime del paisaje, llevada a cabo por los artistas americanos pertenecientes a una nueva corriente denominada expresionismo abstracto. Estas nuevas propuestas trasladarán el discurso pictórico de una modernidad fascinada por el desarrollo científico y tecnológico al grado cero de la pintura, con una manera de proceder claramente existencialista. Su lenguaje experimental y matérico “*ha influido en nuestra forma de mirar hoy las abstractas imágenes aéreas*”⁴⁹⁹, educando la mirada en la apreciación de formas desconocidas y desarrollando nuevas propuestas artísticas de exploración del territorio desde un punto de vista elevado, dando lugar a una mirada aérea que configura una nueva tipología de paisaje.

⁴⁹⁷ Scharf, Aaron. *Op. Cit.* Pág. 313

⁴⁹⁸ More, Kevin. Alex. S. MacLean: “*La medida del paisaje*”. A.V. Arquitectura Viva. Monografías. *Pragmatismo y paisaje*. Septiembre–octubre 2001. Madrid. Pág. 58

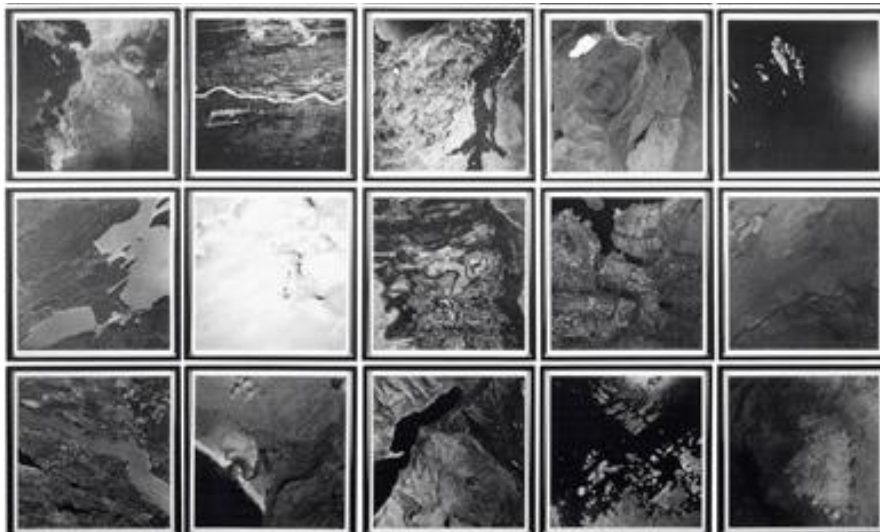
⁴⁹⁹ *Op. Cit.* 58



379. O. Eliasson. *Jokla Series*. 2004



380. O. Eliasson. *Cartographic Serie III*, 2007



381. O. Eliasson, *Cartographic Serie II*, 2002

8-3 DAVID MAISEL

Dentro de esta corriente, en la cual el artista desarrolla parte de su obra desde la mirada al territorio que le aporta una máquina como es el avión, podemos destacar el trabajo del artista y fotógrafo norteamericano David Maisel (1961-). Su proyecto artístico gira en torno a las intervenciones humanas llevadas a cabo en entornos naturales, destacando el impacto ambiental causado en el territorio a través de un componente estético cercano a la abstracción que él define como “*Apocalyptic Sublime*”⁵⁰⁰ y que ya está precisado en su primer trabajo *Mount Saint Helens* (1983-1984). En él explora la devastación provocada por el volcán Saint Helens tres años después de haber entrado en erupción. Para abarcar el extenso territorio arrasado utilizó una avioneta desde la que tomó fotografías en las que se aprecian bosques enteros abatidos a causa de las enormes fuerzas telúricas, así como cauces de ríos desviados por las coladas de escorias y cenizas procedentes del volcán. La capacidad de la vista aérea para crear imágenes que cartografíen el terreno caótico y confuso de la destrucción cautivó a Maisel, orientándole hacia la utilización constante de un punto de vista prácticamente cenital y aéreo en sus proyectos posteriores.

Maisel utiliza la fotografía aérea como si de un mapa se tratara, donde “*encontramos la unión de la representación del mundo físico y la del mundo mental, del pensamiento, en una simbiosis donde lo microcósmico y lo macrocósmico se manifiestan en el mismo plano, construyendo escenarios narrativos del pensamiento*”⁵⁰¹. Esto se comprueba en *The Forest* (1985-1986), un trabajo que realizó en una región formada por ríos, lagos y extensos bosques al norte de Maine. Las imágenes

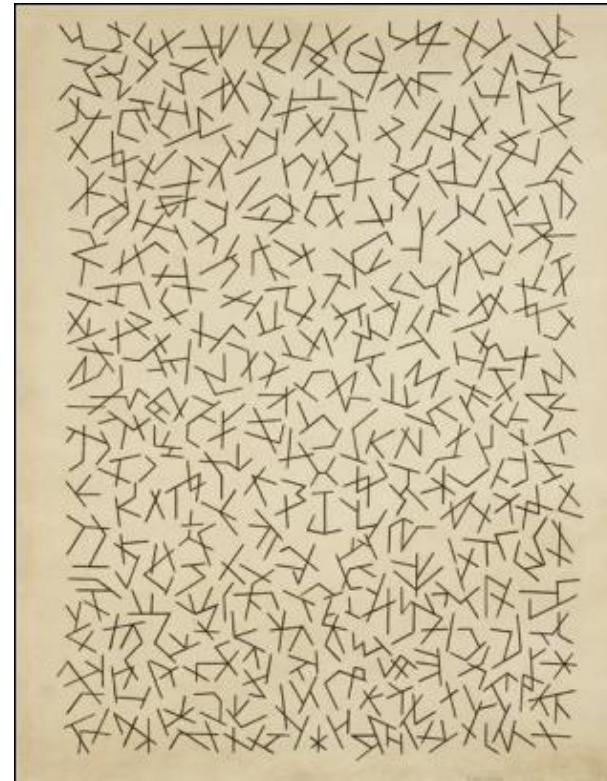
⁵⁰⁰ <http://davidmaisel.com/works/msh.asp> [16-10-11]

⁵⁰¹ Bueno, Antonio. “*Del mapa al paisaje aéreo*”. Revista Lapiz n. 222 Abril 2006. Madrid. Pág. 45

muestran árboles dispersos por el territorio que configuran formas abstractas muy similares a las abstracciones geométricas realizadas por el artista español Pablo Palazuelo (1915-2007), si bien Maisel se aleja del carácter espiritual e idealista del artista español para exponer la degradación de la naturaleza llevada a cabo a través de la intervención del hombre. El bosque, refugio y espacio sagrado durante siglos, es profanado, invadido y saqueado por la industria maderera en beneficio del progreso y el desarrollo económico, dejando como muestra un paisaje arrasado formado por árboles derribados que contrastan con la negrura del agua de los ríos, lagos y con el parte de los árboles que aún no han sido abatidos.



382. David Maisel. *Forest Project*, 1989



383 P. Palazuelo 'El número y las aguas', 1978

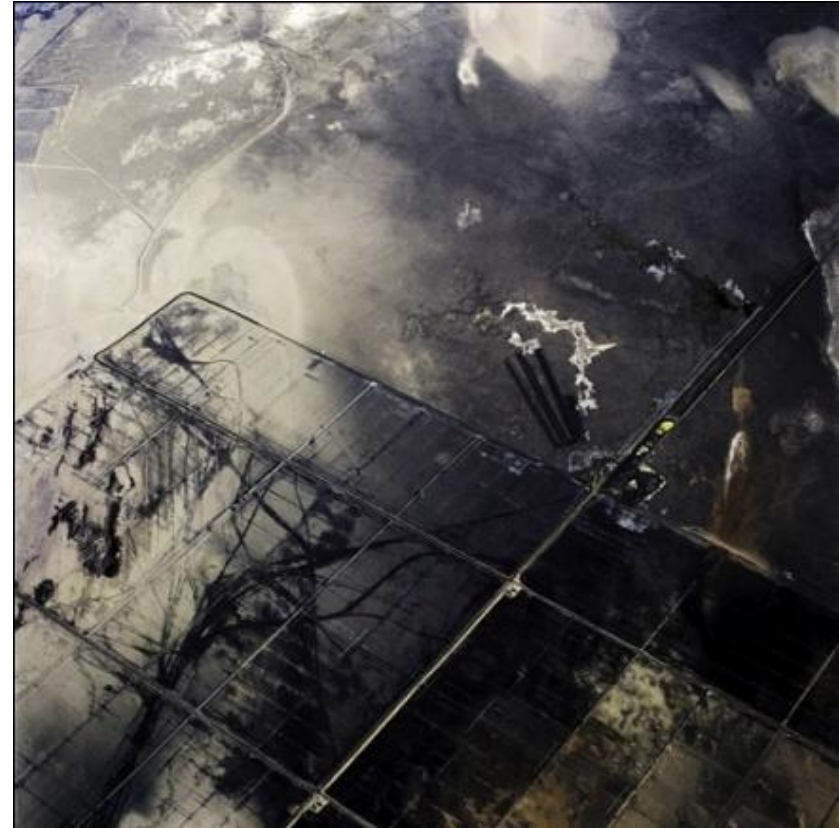
La distribución geográfica visualizada por el amplio punto de vista proporcionado por la fotografía aérea permitirá al artista desarrollar una propuesta de corte ecologista donde se conjugan ecosistemas, urbanismo, tradición cultural y cuestiones políticas, distanciándose de la neutralidad y la estética del movimiento fotográfico americano *New Topographic* que, alejándose de la idea paisajista romántica de lo sublime, exhiben un paisaje real más cerca del documento que de la idealización del paisaje.

Maisel presenta un paisaje transformado por el hombre a partir de una concepción estética cercana al romanticismo, definida como *apocalyptic sublime*, que se puede advertir en su siguiente trabajo, titulado *The Lake Project* (2001-2002). En él fusiona belleza y destrucción a través de su punto de vista, casi cenital y elevado a varios kilómetros del terreno, construyendo de nuevo espacios de pensamiento vinculados a un desastre ecológico. El agua del lago Owens se utilizó como suministro hídrico para la ciudad de Los Angeles desde 1913, que configura un paisaje bello y devastado a causa de la transformación llevada a cabo por el ser humano para su beneficio. La destrucción y el saqueo de los recursos naturales (el agua se agotó en 1926 creando una enorme llanura de sal y minerales), da como resultado unas imágenes donde se conjugan belleza y desesperación, racionalismo y abstracción. La necesidad de ordenar y racionalizar se estrella literalmente con una naturaleza caótica e indefinida que muestra un sorprendente atractivo. Ya no es la destrucción de la naturaleza que en su necesidad de equilibrio natural provoca grandes catástrofes: terremotos, tsunamis, erupciones volcánicas, grandes aludes, tempestades o tormentas y que tanto sugestionó a los artistas románticos del siglo XIX; ahora la fascinación está en los desastres ecológicos

provocados por el hombre “*21st Century Schizoid Man*”⁵⁰², y que Maisel define como *apocalyptic sublime*, repitiéndose como leitmotiv de su obra y en el entorno natural contemporáneo.



384. Maisel. *The lake Project*, 15, 2002



385. Maisel. *The lake Project*, 17, 2002

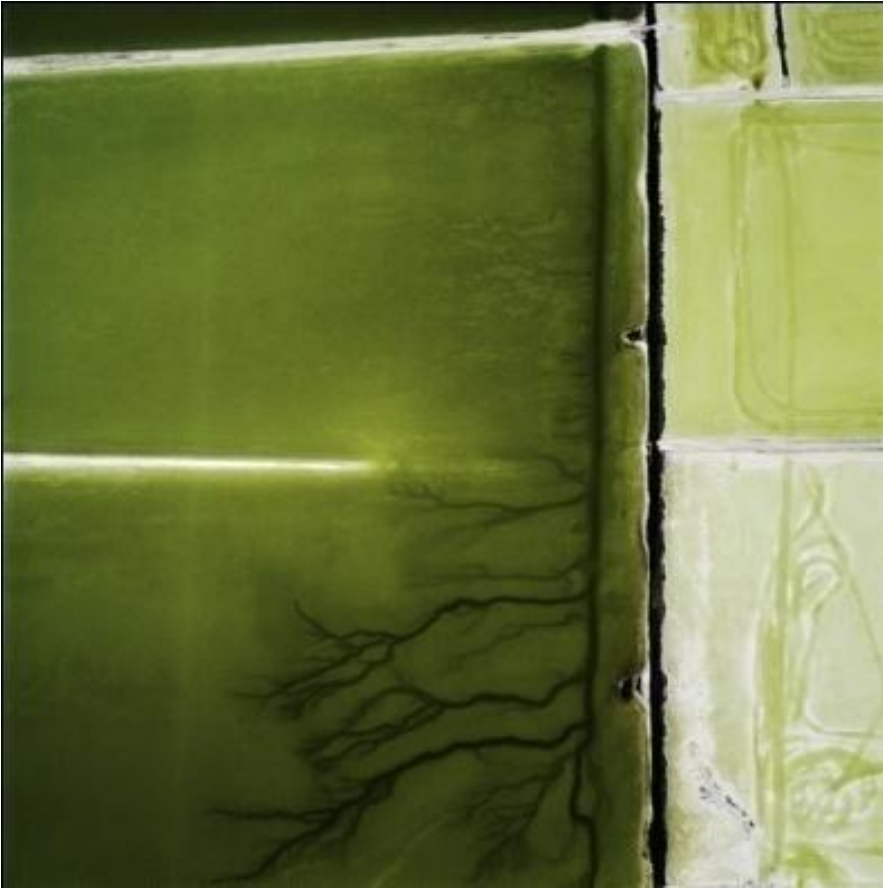
⁵⁰² *21st Century Schizoid Man*.(7:21).(Fripp/McDonald/Lake/Giles/Sinfield) Tema del LP/CD. *In the Court of the Crimson King*. 1969. Virgin EG records. London U.K.

Su proyecto *Terminal Mirage* (2003-2005) utiliza también un lago como principal protagonista, el Gran Lago Salado en el noroeste de Utah, vestigio de un lago prehistórico gigantesco denominado *Bonneville* que cubría gran parte del territorio de Utah. Es el mismo lago que utilizó Robert Smithson (1938-1973) para ubicar su *Spiral Jetty o Muelle en espiral*;

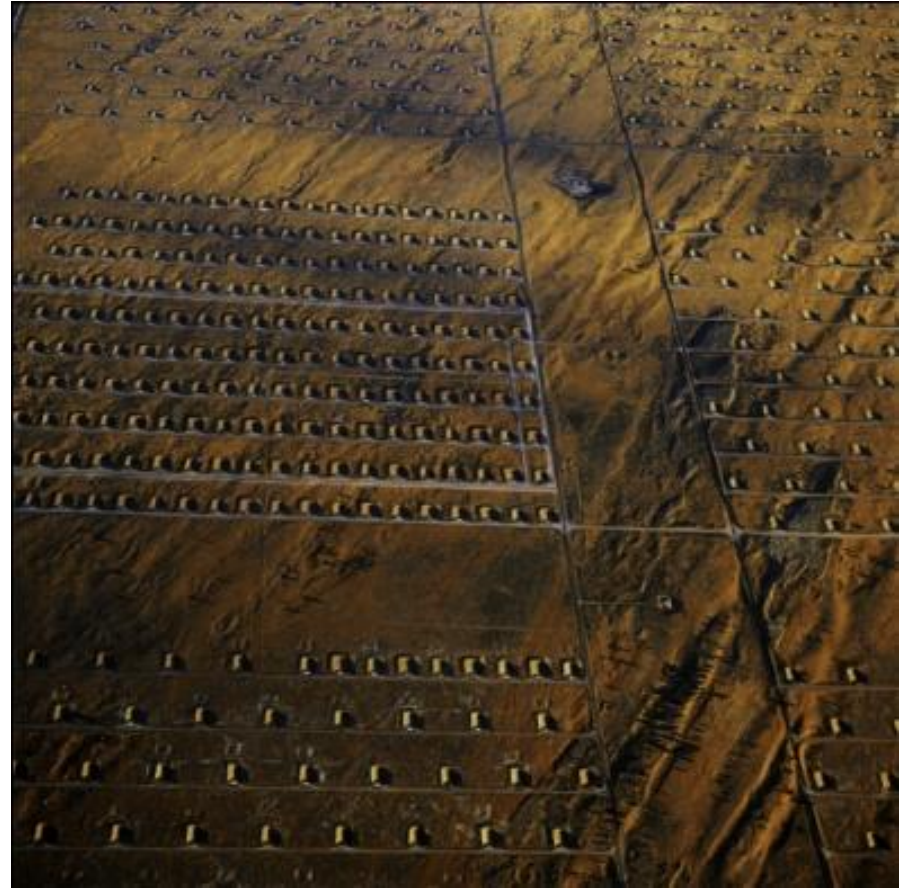
“a través de él viajamos
constantemente del microcosmos
al macrocosmos, pasando por el
universo newtoniano”⁵⁰³.

Maisel vuelve a contraponer racionalización y abstracción, rivalizando forma y color en unos paisajes donde el punto de vista, las formas y la sensación cromática debida a la riqueza mineral del lago nos oculta la verdadera escala del motivo fotografiado, uniendo macrocosmos y microcosmos; al mismo tiempo queda relegada a un segundo plano la función principal del lago: la extracción de sales y minerales para uso industrial y el almacenamiento de armas químicas o de aguas residuales en los estanques pertenecientes a Magnesium Corporation of America. Los colores, ¿son realmente naturales?; posiblemente son el resultado de la combinación entre los minerales del lago, materia orgánica natural y las sustancias químicas allí almacenadas, obteniéndose un cóctel tóxico muy atractivo por su violenta belleza cromática, seduciéndonos a pesar de que nuestra intuición nos advierte sobre algo oculto y amenazador que se encuentra detrás de superficie coloreada.

⁵⁰³ Raquejo, Tania. *Land Art*. Editorial Nerea. Madrid 1998. Pág. 67.



386. Masiel. *Terminal mirage*, 19, 2005



387. Masiel. *Terminal mirage*, 27, 2005

La extracción de mineral como forma de transformación del paisaje debido a la acción humana alcanza su máximo protagonismo en la obra de David Maisel con *The Mining Project* (1987-2007) (*El Proyecto Minero*), un extenso análisis que tiene su comienzo en el año 1983, influenciado por las propuestas realizadas por Robert Smithson sobre la desolación de un paisaje transformado industrialmente y la posibilidad de introspección al adentrarse en él “*de muchas maneras, los*

*emplazamientos más humildes o incluso degradados por las intervenciones mineras, constituyen un reto mayor para el arte, y una mayor posibilidad de estar en soledad*⁵⁰⁴.

La primera serie del proyecto es *Black Maps* (1983-1988), donde a través de imágenes en blanco y negro, desde el característico punto de vista aéreo, se muestran diferentes tipos de minas al aire libre: oro, plata, cobre, etc, en distintos estados norteamericanos: Nevada, Nuevo México, Montana, Utah... A medio camino entre el documento y la abstracción, Maisel empieza a considerar el paisaje degradado como lugar de introspección y reflexión acerca de la devastación provocada por el ser humano en la naturaleza y sus consecuencias posteriores.

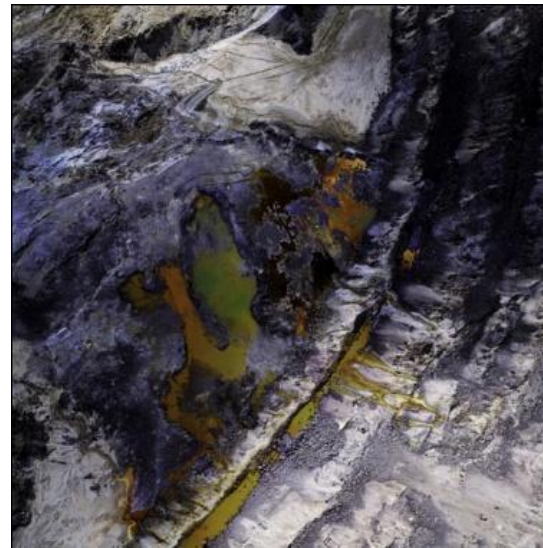
La segunda serie tiene el mismo título que el proyecto *The Mining Project*, y está desarrollada durante dos años, del 87 al 89. Utiliza ahora el color con la intención de mostrar una realidad más violenta y penetrante. Además, en esta serie comenzará a emplear grandes tamaños con la intención de destacar todos los detalles de la composición y posibilitar una incursión mayor del espectador en el paisaje.

Consolidará este proyecto con una tercera serie denominada *American Mine* (2007-), en la cual continúa trabajando en la actualidad. Esta última serie del proyecto es una síntesis de las dos anteriores, (*Black Maps* y *The Mining Project*), donde se combinan imágenes prácticamente monocromáticas con otras donde el color es el principal protagonista, todas ellas con un alto nivel de abstracción al estar tomadas desde un punto de vista elevado y prácticamente cenital. Este trabajo está centrado exclusivamente en un distrito minero en el estado de Nevada, donde una agrupación de minas a cielo abierto está llevando a cabo una explotación incontrolada, primando el desarrollo económico al margen de la preservación del medio natural, y

⁵⁰⁴ Smithson, Robert. “*Frederick Law Olmsted y el paisaje dialéctico*” en *El paisaje entrópico*. Una retrospectiva 1960—1973. IVAM. Valencia. 1993. Pág. 179

causando graves impactos en el medio ambiente, ya que debido a su actividad emiten a la atmósfera partículas sólidas y gases, contaminan las aguas superficiales y acuíferos y modifican el uso del suelo, impactando sobre la flora, la fauna y el paisaje de ese lugar. Maisel muestra desde su particular punto de vista un paisaje alterado, no con la intención ecologista de sancionar, sino como modelo estético contemporáneo.

De igual manera que los artistas románticos dirigían su mirada hacia lo incognoscible, simbolizado por una naturaleza violenta y alterada, los artistas contemporáneos indagan en la sinrazón de las conductas humanas y sus terribles consecuencias: *“These sites are the contemplative gardens of our time, places that offer the opportunity to reflect on who and what we are collectively, as a society”*⁵⁰⁵.

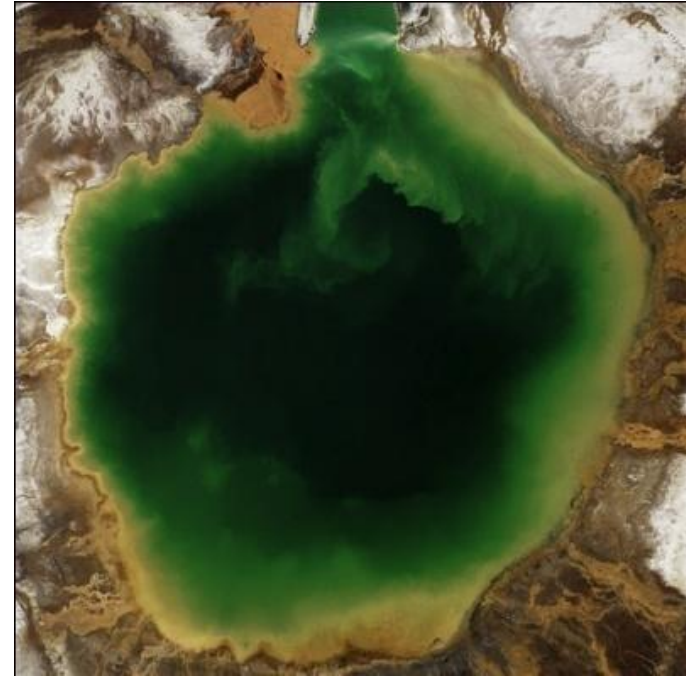


388. Masiel. *Black Maps* (Ray, AZ 1), 1988 389. Maisel. *The Mining Project* (Butte, MT 3) ,2007

⁵⁰⁵ “Estos sitios son los jardines contemplativos de nuestro tiempo, los lugares que ofrecen la oportunidad de reflexionar sobre quiénes somos y que somos colectivamente, como sociedad” Maisel, David <http://www.davidmaisel.com/works/min.asp> [10-12-11]



390. Maisel. *American Mine (Carlin, NV 2)*, 2007



391. Maisel. *American Mine (Carlin, NV 1)*, 2007

8-4 IN THE AIR

Retornando otra vez a la fotografía aérea podemos destacar la obra del fotógrafo americano Alex S. MacLean (1947-) que, de igual forma que David Maisel, muestra desde el aire el extenso territorio americano, un paisaje enmarcado por la ventanilla de su avioneta que se debate entre la abstracción, al perderse la escala de lo representado tornándose en figuras

geométricas y juegos de color, y el paisaje pintoresco: series *Growing*⁵⁰⁶ (en frecuentes ocasiones degradado) y *Deserting*, (de final de siglo XX e inicio del XXI). Su obra tiene grandes similitudes, (tomas aéreas y el binomio abstracción-degradación extendido a todo el planeta), con la del fotógrafo francés Yann Arthus-Bertrand (1946-) que se pueden apreciar en sus libros *The Earth from the air* y *The Earth from above*, su exposición *The Earth from the air* o la película de distribución gratuita⁵⁰⁷ *Home*, realizada en 2009 con el objetivo de concienciar a la humanidad de la degradación ecológica y la sobreexplotación de los recursos naturales.



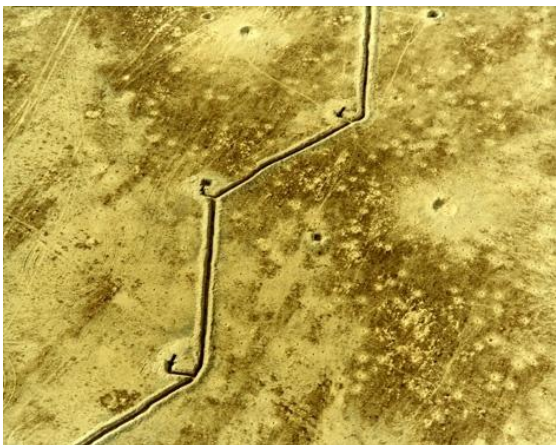
392-393. Alex MacLean, *fotografía del territorio*, 2003

Sophie Ristelhueber (1949-) da un paso más al tomar fotografías aéreas de la Guerra de Kuwait en el Golfo Pérsico. “*En esos registros describe el paisaje del desastre, el denso humo subiendo de los pozos de petróleo ardiendo, los cráteres de las*

⁵⁰⁶ Se puede ver su obra en <http://www.alexmaclean.com/> [18-10-11]

⁵⁰⁷ <http://www.youtube.com/watch?v=SWRHxh6XepM> [18-10-11]

*bombas, las trincheras y tanques destrozados y los restos dispersos de la batalla sobre la arena del desierto*⁵⁰⁸. Sin embargo, parecen composiciones abstractas que se asemejan a cicatrices de un cuerpo humano herido.



394-395. Sophie Ristelhueber. *Entitled: Fait or Fact*, 1992



396. Yann Arthus Bertrand. *The Earth from the air*, 2009

8-5 EDWARD BURTYNSKY

Ya con los pies en la tierra, aunque situado en puntos de vista elevados, y de una manera más descarnada, Edward Burtynsky⁵⁰⁹ (1955-) realiza un extenso trabajo de las ruinas contemporáneas de gran belleza formal, que contrasta de forma radical con el motivo fotografiado.

*“El formalismo estético del que
pecan sus obras favorece, de cualquier
manera, el desenmascaramiento del mal:*

⁵⁰⁸ Bueno, Antonio. “*Del mapa al paisaje aéreo*”. La mirada cartográfica. Revista Lápiz 222. Madrid. Pág. 56

⁵⁰⁹ Todo el trabajo de Burtynsky desarrollado en esta tesis puede consultarse en : <http://www.edwardburtynsky.com/> [20-10-11]

*una yuxtaposición macabra y seductora,
pero totalmente eficaz*⁵¹⁰.

Es el resultado de una época materialista donde el avance tecnológico e industrial que mueve todo el sistema económico se desarrolla al margen de los sistemas naturales, quedando la naturaleza en un segundo plano. Lejos de la percepción romántica, donde la naturaleza se representaba de forma misteriosa y sublime, en nuestro tiempo es vista como un gran contenedor de riqueza, que obtenemos incontroladamente, produciendo un consumo acelerado de recursos que amenaza con superar la capacidad de los sistemas ecológicos para volver a generarlos; y un gran contenedor de basura donde depositamos todo tipo residuos contaminando el aire, la tierra y el agua, deteriorando gran cantidad de recursos renovables y aumentando la concentración de gases de efecto invernadero en la atmósfera. Series como *Mines* (1983-1985); *Tailings* (1995-1996); *Australia* (2007); y *Quarries* (1991-2006), donde recorre distintas canteras en puntos geográficos muy alejados, (India, China, Italia, Norteamérica y la Península Ibérica) nos muestran las cicatrices producidas en la tierra ocasionadas por la extracción de riquezas minerales, el desmontaje de terrenos, la desaparición de montañas o la contaminación de los ríos provocada por la extracción de mineral. Se presentan, en muchas ocasiones, como motivos abstractos de gran belleza formal que pueden desviar nuestra atención del discurso principal del autor. Sin embargo, al observar toda la serie nos percatamos de la agresión producida en el territorio, percibiendo los diminutos seres humanos acompañados de máquinas que les ayudan a realizar estas alteraciones.

⁵¹⁰Viganó, Enrica. Dilemas. Catálogo exposición *Madre Tierra* PHE 06. La Fábrica Editorial. Madrid. Pág. 55.



397-398. Edward Burtynsky, *Iberian Quarries 14-1*, 2006

Las series *Homestads* (1983-1985) y *Railcuts* (1985) descubren las casas, los poblados cercanos a los yacimientos y las vías férreas de transporte de mineral, revelando cómo estas intervenciones e infraestructuras modifican el paisaje contiguo a las minas.

399. Burtynsky, *Homesteads* 27, 1984400. Burtynsky, *Railcuts* 4, 1985

Burtynsky continuará destapando desórdenes medioambientales en su serie *Urban Mines* (1997-1999), formada por *Metal Recycling*, donde muestra, en un registro formal cercano a la abstracción, grandes superficies de terreno cubiertas por toneladas de residuos metálicos de diversas procedencias. En *Tires* lo único que diferencia es el tipo de residuo, que en este caso son cientos de miles de neumáticos inservibles. Todos estos desechos forman parte del paisaje de las grandes ciudades, ocupando territorios ubicados en los arrabales, donde se instalan los suburbios marginales de prósperas ciudades. *Ships: Shipbreaking- Ship Recycling* (2000-2001) presenta una realidad similar en los desguaces de grandes buques, con el contrapunto del reciclaje al realizarse esta tarea, que en su momento también documentó el fotógrafo brasileño Sebastião Salgado (1944-), en un país con un alto porcentaje de pobreza como la India.



401. Burtynsky, *Oxford Tire Pile*, 8, 1997



402. Burtynsky, *Ferrous Bushling* 09, 1997



403. Burtynsky, *Shipbreaking*, 13, 2000

Su proyecto más ambicioso lo desarrollará en *China* (2002-2005), y comenzará con la construcción de la gigantesca obra de ingeniería civil de la presa de las Tres Gargantas, (*Three Gorges Dam Project*), y sus consecuencias directas en una ingente cantidad de población, continuando con un repaso a su veloz desarrollo urbano, (*Urban Renewal*), e industrial, (*Coal & Steel*) apoyado por su vieja industria, (*Old Industry*), al mismo tiempo que expone las cadenas de producción de todo tipo de objetos fabricados para los países occidentales, (*Manufacturing*), y la enorme cantidad de residuos industriales originados por la industria y el consumo, (*Recycling y Shipyards*).



404. Burtynsky, *Dam 6, Three Gorges Dam Project*, 2002



405. Burtynsky, *Nanpu Bridge Interchange*, 2004

En 2006 realizará un trabajo denominado *Oil* (1999-2009), en el cual reflexiona sobre la industria petrolífera y el inminente agotamiento de esta fuente de energía fundamental durante el siglo XX y en el inicio del nuevo milenio. Lo hace desde su producción, *Extraction*, donde muestra campos de extracción de petróleo y oleoductos de distribución en Alberta y California, así como refinerías en New Brunswick, Ontario y Texas, (con un tratamiento formal que en ocasiones recuerda al matrimonio alemán Becher, aunque el planteamiento conceptual y discursivo no tiene nada en común) e incluso barcos petrolíferos y grandes depósitos de almacenamiento del producto.

En la fotografía *Henry Ford's Design Studio for the Model T, Piquette Plant* perteneciente a la serie *Detroit*, incluida en este extenso trabajo, podemos ver las ruinas del estudio donde Henry Ford (1863-1947) diseñó en 1908 el Ford T, un modelo barato y fácil de utilizar que permitió el acceso de la naciente clase media americana a un vehículo motorizado, extendiéndose de tal manera que en 1921 el 57 % de los automóviles que circulaban por el planeta eran Ford T. Burtynsky fotografía una ruinoso fábrica de montaje de vehículos Ford en Detroit como metáfora de la ruina provocada por la contaminación atmosférica en las grandes urbes del planeta y como el inicio de la decadencia de la industria automovilística tal y como la conocemos, es decir, vehículos impulsados por motores alimentados de combustibles fósiles refinados.

Transportation ahonda en la cultura que aparece alrededor de los vehículos y las enormes infraestructuras desarrolladas para el transporte. Registradas a través de un punto de vista aéreo se pueden observar los gigantescos entramados de las autopistas, (*Highway 1,7,5,..*) en Los Angeles, New Jersey o Texas y los puentes de intercambio (*Nanpu Bridge Interchange*) en Shanghai; asimismo observamos grandes extensiones de territorio ocupado por miles de coches nuevos en diferentes partes del planeta (*VW Lot #1 y 2 díptico*) o por seres humanos presenciando un campeonato de Fórmula uno (*Talladega Speedway #1*); motos (*Kiss Concert Parking Area*), camiones (*Trucker's Jamboree #1*) y estaciones de servicio acompañadas de restaurantes que sirven comida a los automovilistas (*Breezewood*). Sólo faltan los autocines de Sugimoto.

En la serie *The End of Oil* se revela la cara oculta de la industria y la cultura nacida en torno al petróleo. Campos de petróleo en Baku, Azerbaijan, abandonados, que dejan un territorio arrasado, (*SOCAR Oil Fields #1ab*) grandes extensiones de terreno ocupadas por cientos de aviones, helicópteros, o vehículos inservibles, incluso enormes barcos que son desguazados pacientemente en las costas de Bangladesh (*Shipbreaking #13, AMARC #5 o Auto Wreckers #1*), son una pequeña muestra de

ello, además de los distintos medios de transporte inutilizados y olvidarlos en territorios apartados de los que observamos sus desechos: montañas de neumáticos de todo tipo de vehículos (*Oxford Tire Pile #9ab*), aglomeraciones de residuos metálicos que parecen abstracciones (*Ferrous Bushling #18* o *Ferrous Bushling #17*) y contaminación petrolífera en suelo y agua cohabitando con los seres humanos (*Shipbreaking #43* o *Recycling #2*).



406. Burtynsky, *The End of Oil*, 2006



407. Burtynsky, *Henry Ford's Design Studio for the Model T, Piquette Plant*, 2008



408. Burtynsky, *Highway*, 2003



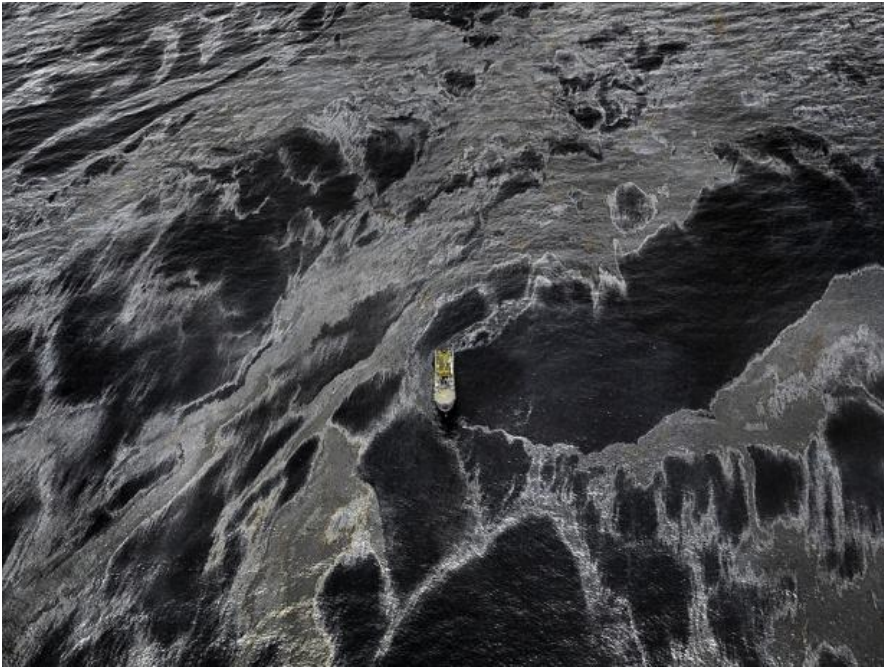
409. Burtynsky, *Kiss Concert Parking Area*, 2008

La combinación entre agua y petróleo la desarrollará extensamente en una serie denominada *Gulf of Mexico*, de su último trabajo *Water* (2010). En ella descubre que la incorporación de un fluido petrolífero al agua del mar, debido a una explosión y el hundimiento posterior de una plataforma petrolera⁵¹¹, produce unas composiciones abstractas muy atractivas al observarlas desde el aire, además de ciertas similitudes formales con su serie *Monegros*, realizada también desde el aire en el desierto aragonés de los Monegros, en la Península Ibérica, en ambas series Burtynsky reflexiona sobre la contaminación y la falta de agua en un futuro cercano debidas a la sequía, la desaparición del hielo en glaciares y casquetes polares por culpa del calentamiento global, o la dificultad, cada vez mayor, de una extensa parte de la población planetaria de abastecerse de agua potable. Ambas series poseen un atractivo estético considerable, sin eclipsar la crítica medioambiental intrínseca en el discurso

⁵¹¹ Al menos 11 desaparecidos por una explosión en una plataforma petrolífera en el Golfo de México El pasado 20 de abril de 2010 la plataforma petrolera Deepwater Horizon, de la empresa británica BP, se hundió frente a las costas de Luisiana (EE UU) provocando uno de los mayores desastres ecológicos de la historia. Fuente Diario El País 21 de abril y 18 de julio 2010.

de Burtynsky que busca constantemente los rastros, las marcas y las señales que el ser humano, con sus acciones, deja en la naturaleza, poniendo de manifiesto el impacto causado en el medio ambiente a través de

“una metáfora de la eterna contradicción del ser humano, quien, desde siempre, toma de la Naturaleza lo que le sirve para “mejorar” la calidad de vida, aunque inevitablemente provoca su deterioro”⁵¹².



410. Burtynsky, *Oil Spill*, 2010



411. Burtynsky, *Monegros Farm 4*, 2010

⁵¹² Viganó, Enrica. *Op Cit.* Pág. 55

8-6 ANDREAS GURSKY

La globalización del planeta y las formas de vida que de este fenómeno se derivan son ampliamente analizadas por el fotógrafo alemán Andreas Gursky (1955-). Gursky ha sido clasificado como uno de los creadores más renovadores, en lo que a discurso fotográfico de fin de siglo XX se refiere. Su obra es, conforme a lo comentado por Peter Galassi, *“realismo documental frente a manipulación digital, idealismo moderno frente a escepticismo posmoderno, arte superior frente a comercio, rigor conceptual frente a observación espontánea, fotografía frente a pintura: esos y otros antagonismos han dado lugar a batallas enconadas, pero para Gursky son todos parte de lo dado, no oposiciones sino compañías. Mucha de la gracia de su arte, y aún más de su garra contemporánea, brota de la soltura con que acoge un caudal de polaridades aparentes”*⁵¹³.

Andreas Gursky se formó en la década de los setenta en la Folkwangschule de Essen, fundada por Otto Steinert que, como se comentó anteriormente, estaba vinculado a las propuestas de la fotografía subjetiva. Estos primeros años de aprendizaje orientaron a Gursky hacia el reportaje gráfico. En los ochenta se inscribiría en la Kunstakademie de Düsseldorf para recibir el complemento creativo que su formación requería. El sistema de enseñanza impartido por los Becher, donde lo primordial consistía en la adopción de una supuesta objetividad impersonal conseguida a través del punto de vista y del encuadre adoptado, era radicalmente distinto al de Steinert. Las pretensiones de los Becher eran las de conseguir transcender la apariencia formal de la propia imagen y revolucionar los tradicionales postulados del medio fotográfico como sistema de

⁵¹³ Galassi, Peter *“El mundo de Gursky”* En el catálogo de la exposición Andreas Gursky The Museum of Modern Art March 4-May 15, 2001 New York. MNCARS. Palacio de Velázquez 12 julio-23 septiembre. Traducción María Luisa Balseiro, Madrid 2001.

representación, dejando a un lado la visión meramente documental e informativa de la imagen fotográfica para convertirla en un medio de proyección de ideas, al mismo nivel que la pintura o la escultura.

Gursky comenzó a trabajar con cámaras de gran formato (9x12 cm y 13x18 cm), prescindiendo de las cámaras de 35 mm que hasta entonces había utilizado⁵¹⁴. Estos tamaños le permitirán realizar grandes ampliaciones de sus fotografías, mostrando así cada uno de los detalles, por pequeños que estos sean, de sus paisajes naturales o urbanos. Asimismo, le permitirá realizar las correcciones pertinentes de las líneas perspectivas.

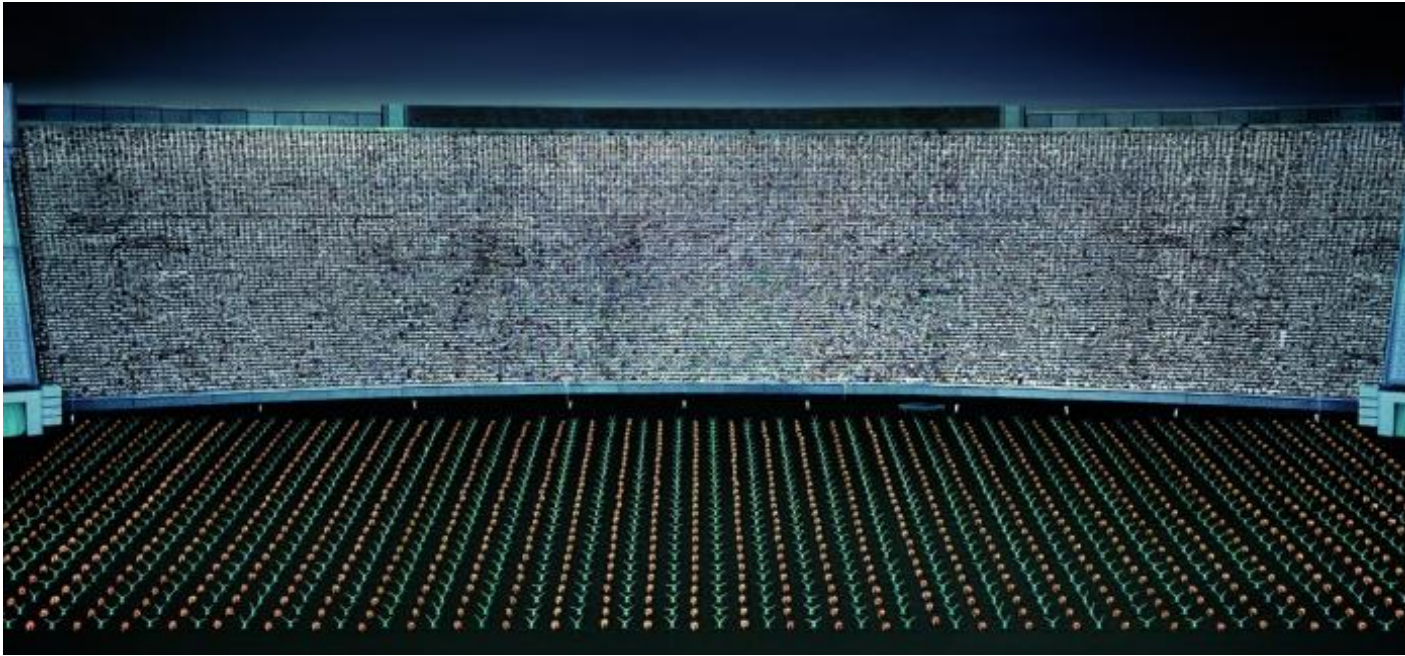
A principios de los ochenta Gursky aplica el método tipológico de los Becher al mobiliario de restaurantes y bares, así como a vendedoras de grandes almacenes y empleados de seguridad en sus puestos a la entrada de sedes de empresas, configurando una serie de gran rigidez formal que sería expuesta en el aeropuerto de Düsseldorf en 1987.

Posteriormente, se acercará al paisaje con la intención de plasmar en sus imágenes la inconmensurabilidad de la naturaleza, paisajes donde se aprecian figuras diminutas diseminadas, que escapan al primer golpe de vista y que, gracias a la riqueza de detalle del negativo de gran formato, se pueden distinguir. Durante este periodo Gursky se sirve, en muchas ocasiones, de la reducida escala de la figura humana para dar una idea de las extraordinarias dimensiones que adquiere el paisaje fotografiado respecto a ella. En alguna de estas fotografías puede aparecer súbitamente una figura solitaria, aislada y aparentemente desamparada, provocando en el espectador un cierto desbordamiento emocional; un desbordamiento semejante al que pueden producir los paisajes románticos pintados por Caspar David Friedrich o las arrebatadoras escenas de

⁵¹⁴ La cámara de gran formato, denominada también técnica, de placas de banco óptico o raíl y de fuelle, modifica radicalmente nuestras ideas acerca del rendimiento, la urgencia, la prisa, la velocidad; exigiéndonos una ralentización que obliga a un cambio de mentalidad y de actitud con respecto al tiempo y al espacio. En Laguillo, Manolo, *El Gran Formato. La cámara descentrable y la gestión del espacio*. GrisArt.Barcelona. 1999

tempestades concebidas por William Turner, emanando en ciertas obras de Gursky el concepto de lo *sublime romántico*, es decir, de aquello cuya contemplación excede nuestros sentidos provocando en nuestro ánimo una singular fascinación.

A partir de 1990 los grupos humanos van a ir adquiriendo un papel protagonista en su obra en cuanto a la idea de colectivo se refiere, ya que pierden su identidad particular como individuos para pasar a formar parte de un hormiguero humano, convirtiéndose así en una masa anónima dentro de espacios contruidos y habitados por ella. El punto de vista de estas fotografías va a ser alto, para así abarcar más campo visual y poder mantener la desproporción de la escala entre el escenario y el ser humano que lo habita. Pero, a diferencia de sus imágenes anteriores, ahora la multitud va a llenar por completo las composiciones, transformándose en una masa compacta que aborda todo el encuadre. Basándose en los presupuestos de los Becher, lo que Gursky pretende es capturar la esencia de un determinado lugar como modelo que forme parte de la secuencia del resto de los escenarios comunes y de características similares a escala mundial. A través de la repetición estructural de los modelos elegidos logrará plasmar su personal idea del mundo actual, es decir, del concepto de sociedad comercial e industrializada que él ha construido y que se acerca bastante al modelo real de sociedad contemporánea occidental. Sofisticación y alta tecnología se despliegan por igual en esos lugares comunes, ya sean de trabajo o esparcimiento, estandarizando las distintas sociedades que conforman el modelo actual del primer mundo y en las que el individuo ha perdido su carácter diferencial y no es más que un ser anónimo, entre otros muchos que pueblan esos territorios comunes.



412. Gursky, *Pyongyang III*, 2007

Cuando en la obra de Gursky el motivo principal es la arquitectura como objeto interior o exterior, el punto de vista utilizado será totalmente frontal, situado a una altura intermedia y centrado respecto el motivo. La perspectiva será corregida mediante los movimientos de cámara⁵¹⁵, dando como resultado la total ortogonalidad en la fachada del edificio. En algunas ocasiones, a partir de mediados de los noventa, Gursky recurre a la manipulación digital de alguna de sus tomas para conseguir abarcar la totalidad del motivo, sin desvirtuar la frontalidad de la propuesta, para lo cual realiza dos fotografías del mismo motivo pero desplazando el montante de su cámara (una respecto a otra sobre el mismo plano del cuadro y en paralelo respecto al

⁵¹⁵ Con una cámara de placas el eje óptico se puede descentrar y desperpendicularizar por medio de los «desplazamientos» verticales u horizontales de uno o los dos marcos y por los «giros» (eje vertical) y «basculamientos» (eje horizontal) de los mismos. Estas características nos van a permitir, entre otras cosas, corregir la perspectiva de un edificio donde las líneas paralelas que configuran su estructura serían convergentes en una toma de abajo-arriba (contrapicado).

motivo). En consecuencia, esto produce a su vez un desplazamiento análogo del punto de vista. A continuación, estas dos tomas ensambladas mediante la manipulación digital se presentan como una sola imagen. En ella, la multiplicidad de puntos de vista, y al más puro estilo cubista, no se utiliza tanto para fragmentar, sino más bien para uniformizar y presentarnos la imagen lo más frontal y descriptivamente posible, como podemos apreciar en *Atlanta, 1996* y *Times Square, 1997*.



413. Gursky. *Times Square*, 1997



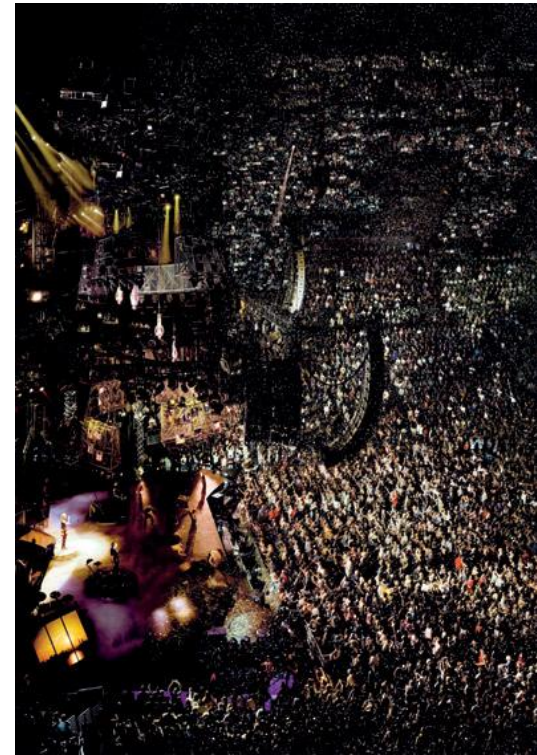
414. Gursky. *Atlanta*, 1996

Si comparamos estas dos fotografías podemos observar claras analogías: se trata de la arquitectura interior de dos grandes hoteles y el corte de la cámara abarca verticalmente diecisiete pisos. Además de la constante utilización del color en prácticamente toda la obra de Gursky, también existe en ambas una laberíntica maraña de pasillos, balaustradas y puertas. Los pisos se funden unos con otros y hay un ritmo compositivo frenético dentro del espacio arquitectónico. Las personas que ocupan el lugar tienen una presencia aislada y desdibujada y, como en parte de su obra, están diseminadas por el espacio, un

espacio arquitectónico abrumador, obsesivamente ortogonal y frontal o desde un punto de vista casi cenital que, como en muchas de sus fotografías, convierte la realidad representada en pura abstracción: *Atlanta*, 1996; *Shanghai*, 2000; *Chicago Board of Trade II*, 1999; *Times Square*, 1997; *Prada II*, 1997; *Blibliothek (Library)*, 1999; *Rhein II*, 1999; *Dubai World I – II*, 2007; *Beelitz*, 2007; *Kamiokande*, 2007; *Madonna I*, 2001; *Pyongyang III*, 2007; *Copan*, 2002; *Cheops*, 2005; *Loveparade*, 2001; *Mayday V*, 2006; *Bahrain II* 2007;....



415. Gursky. *Chicago Board of Trade II*, 1999



416. Gursky. *Madonna I*, 2001

Todas estas imágenes nos presentan el mundo contemporáneo y *“atestiguan una desterritorialización del espacio que es también característica del capitalismo avanzado, un desmontaje que Gursky subraya con ulteriores ediciones digitales”*⁵¹⁶, ofreciéndonos una visión contemporánea de lo sublime gracias a la manipulación digital de las imágenes⁵¹⁷ y, en la actualidad, a la incorporación de imágenes de satélites obtenidas a través de Internet para desarrollar su última serie *Oceans* (2009-2010). Es este un trabajo complejo que parte de imágenes de la tierra obtenidas por satélite combinadas con imágenes artificiales del agua marina, dando como resultado un trabajo, compuesto por imágenes de alta definición, que *“Neither empirical nor cartographic but rather determined by compositional principles, Gursky’s Oceans possess that sense of the “terrible” sublime associated with Romantic landscape painting and twentieth century abstraction”*⁵¹⁸.



417. Gursky, *Ocean Series*, 2010

⁵¹⁶ Foster, Hal, R. Krauss, Y. Boris, B. Buchloh. *Op. Cit.* 2006 pág. 663

⁵¹⁷ *“Gursky también manipula sus imágenes panorámicas para resaltar más los patrones fotogénicos de formas y colores repetidos. A veces su estiramiento digital de la fotografía –imágenes empalmadas con dos o tres perspectivas y cosas parecidas– parece impulsado por un deseo de imaginar espacios que de otro modo no se podrían ver o representar, que ponen a prueba nuestro mapa cognitivo del mudo posmoderno”*. Citado por Foster, Hal, R. Krauss, Y. Boris, B. Buchloh en *Arte desde 1900* Editorial Akal. Madrid. 2006. Pág. 663

⁵¹⁸ *Ni empírico ni cartográfico sino más bien determinado por los principios compositivos, Océanos de Gursky poseen ese sentido de lo “terrible” sublime asociado con la pintura de paisaje romántico y la abstracción del siglo XX*. En Gagosian Gallery <http://www.gagosian.com/exhibitions/andreas-gursky--november-04-2011> [01-02-12]



418. Gursky, *Ocean Series*, 2010

8-7 ABSTRACCIÓN FOTOGRÁFICA

En la obra de los artistas analizados en este apartado de la tesis, “*las imágenes fotográficas proponen modelos perceptivos adecuados a un momento histórico determinado*”⁵¹⁹, utilizando para ello los nuevos desarrollos tecnológicos y científicos, así como la alta capacidad de los modernos sistemas de transmisión de la información, integrando arte y ciencia en el tratamiento práctico de su trabajo al mismo tiempo. En la mayoría de los casos, estos autores realizan un desarrollo teórico integrado en el discurso conceptual de la obra, llegando en muchas de las ocasiones a procesos que desembocan en la abstracción; una abstracción fotográfica a la cual ya habían llegado utilizando técnicas y procesos tradicionales, propios de su tiempo y con la intención de experimentar nuevos modelos perceptivos. Se trata de varios artistas y fotógrafos de principios y mediados del siglo XX, entre los cuales destacarían Minor White (1908-1976), fundador en 1952 de la revista *Aperture*, y que orienta su virtuosismo técnico heredado de Ansel Adams (1902-1984) hacia la introspección y lo místico; Aaron Siskind (1903-1991), que toma el camino de la abstracción como una posibilidad más dentro del lenguaje fotográfico; Jaroslav Rössler (1902-1990), que reduce sus fotografías a imágenes esenciales formadas por líneas y formas elementales que forman una nueva realidad; Kikuji Kawada (1933-), donde sus fotografías abstractas publicadas en su libro *The Map* (1965), junto a retratos de kamikazes japoneses que se inmolaron durante la II Guerra Mundial, muestran los efectos de la bomba atómica sobre un edificio que, desde 1954, es el Hiroshima Peace Memorial. Igualmente Man Ray; Christian Schad; Moholy-Nagy; André Kertész (1884-1995); Herbert Bayer (1900-1985); Carl Heinz Hargesheimer (1924-1971); Marta Hoepffne (1912-2000) o Peter Keetman (1916-2005), entre otros exploran la abstracción dentro de sus diferentes propuestas. Estos artistas ya habían experimentado

⁵¹⁹Forster, Kurt. *Andreas Gursky: Coreografías sociales*. Revista AV n° 91. Monografías. *Pragmatismo y Paisaje*. Madrid 2001. Pág. 46

en el contexto vanguardista, llegando en ocasiones a la abstracción e influyendo taxativamente a fotógrafos y artistas de final del siglo XX.



419. Kikuji. *Map Series Atomic Dome*, 1965



420. M. White. *Moon and Wall Encrustations*, 1964



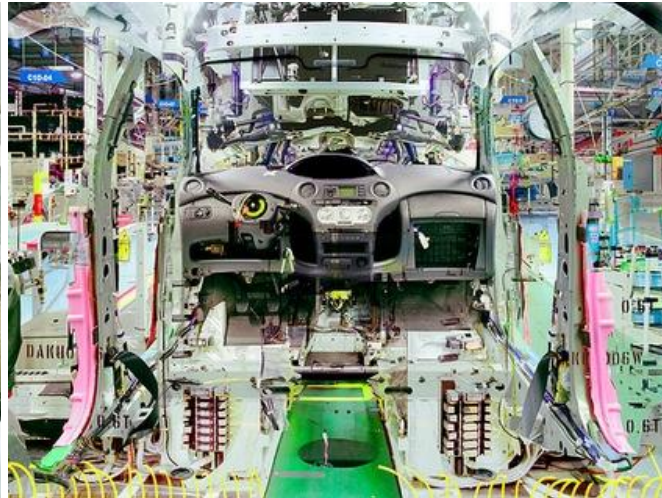
421. A. Siskind. *Chicago*, 1948

Actualmente, algunos fotógrafos continúan el camino trazado por estos pioneros de la experimentación: Frank Thiel (1966-) presenta una obra centrada principalmente en la nueva arquitectura desarrollada en la ciudad de Berlín. Sus fachadas y sus muros desconchados muy próximos a la abstracción nos recuerdan la transitoria fragilidad de la arquitectura contemporánea y nos trasladan a la obra de Aaron Siskind; Stephane Couturier (1957-), con las series *Urban Archeology*, *Melting Point*, *Monument(s)* y *Landscaping*, vuelve a tener presente la arquitectura urbana y su carácter inestable, además de mostrar, con un punto muy cercano a la abstracción, una industria de producción de coches y trenes en serie altamente automatizada gracias a la irrupción de robots industriales; Roland Fischer (1958-) nos muestra, en su serie *Façades*, directamente abstracciones que pertenecen a fachadas de edificios singulares dentro del panorama arquitectónico contemporáneo; Noriko Furunishi (1966-) manipula sus imágenes digitales para llegar a una especie de abstracción del paisaje

al atribuirle múltiples puntos de vista, como si de una obra cubista se tratara, como se puede comprobar en sus obras *Ice Park* (A) (B), 2007. Estos artistas y fotógrafos presentan una obra alejada de la ciencia; sin embargo, está próxima a los nuevos desarrollos arquitectónicos e industriales de la sociedad presente, que examinados desde un punto de vista experimental desvía la obra de las corrientes documentalistas para aproximarla a la abstracción.



422. Frank Thiel. *Stadt*, 2005



423. S. Couturier, *Série Melting Point, Usine Toyota n°9*, 2005



424. Noriko Furunishi. *Ice Park*, 2007



425- 429. R. Fischer, *Facade Series*, 2007

8-8 ABSTRACCIÓN CIENTÍFICA

Más cercanas a un enfoque científico están los trabajos de los siguientes artistas: Susan Rankaitis (1949-) desarrolla una obra que explora el ámbito científico en series como *Gold Science Ghost Drawing*, y *DNA Series*, o exposiciones como *Susan Rankaitis: Abstracting Science, Nature and Technology*, realizada en 1994 en The Museum of Contemporary Photography, Chicago, o *Susan Rankaitis: Drawn from Science*, en el Museum of Photographic Arts, San Diego, en el año 2000. En estas exposiciones combina diferentes medios como la fotografía, el dibujo y la pintura; muy influenciada por artistas como Turner, Moholy-Nagy, Pollock, De Kooning, Rauschenberg o los artistas contemporáneos alemanes. Su obra tiene un alto grado de abstracción y se adentra en dominios tan complejos como la neurociencia. Michael Flomen (1952-) investiga realizando fotogramas directamente de la naturaleza, fuera del cuarto oscuro. De noche registra, en papeles emulsionados, el agua, la lluvia y la nieve en series como *Littoral Zone*, *Snow* o *Teeming*, del mismo modo que hace con la bioluminiscencia de las luciérnagas en la oscuridad de la noche en su serie *Higher Ground*, mostrando abstracciones que están entre lo visible y lo invisible, lo perceptible y lo imperceptible.



430. Michael Flomen. *Moonlit Photograms*, 2001



431. Michael Flomen, *Untitled*, 2001



432. Susan Rankaitis *Gold Science Ghost Drawing 2*, 1997

El artista, licenciado en Geología, Charles Lindsay (1961-) recibió la Beca Guggenheim en la categoría de fotografía el año 2010 para desarrollar un proyecto que tiene su génesis en el año 2008 y lleva por título *Carbon*, que según palabras del propio artista, “*is a creation of fictitious worlds, drawing on my interest in the aesthetics of space exploration, microscopic discovery and abstract symbols*”⁵²⁰. Con la intención de explorar el mundo no visible Lindsay realiza negativos a partir de emulsiones realizadas con Carbono⁵²¹, ofreciendo una gran resolución y amplia escala tonal, que congela y posteriormente

⁵²⁰ “*Es una creación de mundos ficticios, a partir de mi interés en la estética de la exploración del espacio, el descubrimiento microscópico y los símbolos abstractos*”. En <http://www.charleslindsay.com/> [23-02-12]. Traducción del autor de la tesis.

⁵²¹ El Carbono es una sustancia simple, un elemento químico de número atómico 6, que se encuentra en la naturaleza y que forma parte de todos los seres vivos. El carbón es una mezcla, una roca sedimentaria muy rica en carbono.

aplica tensiones eléctricas, creando corrientes eléctricas a través de ellos y modificando su estructura atómica para luego digitalizarlos, manipularlos y exhibirlos a gran escala; algunas fotografías tienen dimensiones de hasta 18 metros. Son fotografías que provocan confusión y extrañeza debido a su ambigüedad; no se sabe si lo que se está observando es real, si pertenece al mundo microscópico o macroscópico.

En 2011 presenta su instalación *Carbon*. En la muestra confluyen varios medios artísticos; además de la fotografía, que pasa del monocromo al color, hay video, audio, esculturas interactivas realizadas con dispositivos científicos y equipos recuperados de la industria aeroespacial y sensores táctiles y de movimiento, dando una nueva dimensión al proyecto inicial.

En la actualidad está colaborando con el Instituto SETI (Search for ExtraTerrestrial Intelligence), cuyo objetivo es la búsqueda de vida extraterrestre a través de la captación y análisis de señales electromagnéticas procedentes del cosmos, así como la investigación del origen, el desarrollo y la naturaleza de la vida en el Universo; la colaboración entre científicos y artistas facilita el transvase de ideas de distinta naturaleza pero ambas con un componente imaginativo muy importante a la hora de desarrollar nuevas propuestas de exploración de la vida en el Universo.



433. C. Lindsay, *series Carbon,Untitled*, 2008



434. C. Lindsay, *series Carbon,Untitled*, 2008

Marco Breuer (1966-) también explora la materialidad de la fotografía a través de manipulaciones. Sin embargo, utiliza soportes químicos de diferentes tipos: blanco y negro, color, carbón, goma bicromatada,... que manipula físicamente por medio de luz, calor, abrasión o incisiones, obteniendo unos resultados que parecen explosiones, constelaciones o *skylines* de ciudades en la noche. Todo este trabajo lo realiza sin la cámara fotográfica, llevando al extremo el proceso de formación de imágenes y los materiales que intervienen en su configuración.



435. Marco Breuer *Line of Sight. Left Spin (C-818)*, 2008

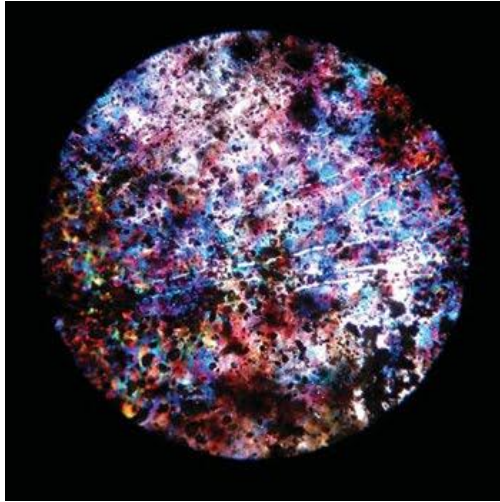
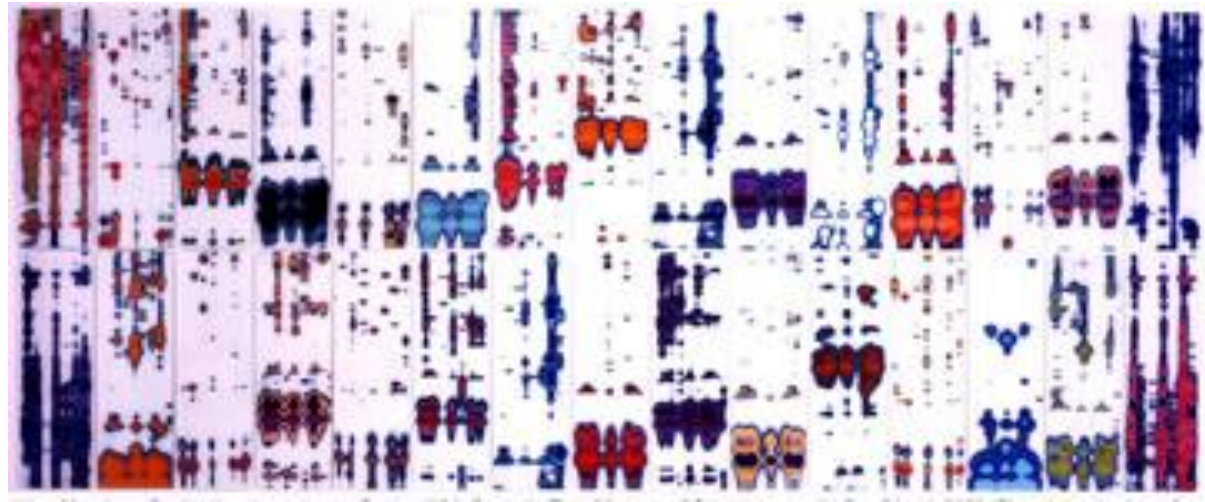
El artista Daro Montag (1959-) en su serie *Bioglyphs*, pone directamente materia orgánica (rebanadas de kiwi) sobre la emulsión de una película fotográfica, desarrollándose una descomposición y simbiosis entre ambos compuestos orgánicos. El resultado posterior se fotografiará o escaneará, digitalizándose para poder ser impreso y presentarlo como una abstracción orgánica. Anteriormente había desarrollado otro proceso de descomposición denominado *This Earth*. En este trabajo dejó enterrados en un terreno cercano a su casa y durante un mes varias películas en color negativas que interactuaron con el material orgánico del suelo, desapareciendo la gelatina y alguno de los colorantes, dejando así patrones únicos de color que son microfotografiados por Daro Montag, revelando un proceso biológico imperceptible a escala humana.

Un paso más en el terreno biológico está en la muestra *Paternity Test (Prueba de Paternidad)* del artista Iñigo Manglano-Ovalle (1961-), donde a través de imágenes generadas por ordenadores realizadas en un laboratorio de genética expone distintas muestras de ADN pertenecientes a miembros de la junta del Museo de Arte Contemporáneo de San Diego, donde tuvo lugar la exposición; estas imágenes digitales realizadas a escala humana muestran afinidades con las pinturas de gran formato desarrolladas por pintores pertenecientes al movimiento del expresionismo abstracto americano; son campos de color muy similares a los realizados por Frank Stella, Ad Reinhardt o Mark Rothko.

En la actualidad, y de la misma manera, el artista Jaq Chartier utiliza muestras de ADN para realizar sus lienzos.

Marta de Menezes (Lisboa, 1975) ha creado en un laboratorio una proteína que no existe en la naturaleza. La proteína se llama *marta* y es el retrato de la artista. La molécula, un elemento químico fundamental para la vida de los humanos, está compuesta de aminoácidos en una secuencia que contiene el nombre de esta creadora (Marta Isabel) los apellidos de sus padres (Sobrao, de la madre, y Rivero de Menezes, del padre) y de su marido (Da Silva Graça). La proteína *marta* es una obra de arte que su muestra en cuatro vídeos, una simulación de la estructura de la proteína y en el taller de trabajo de la artista y se puede ver en el MEIAC de Badajoz. Su trabajo explora la relación entre arte y biología utilizando las técnicas biológicas para crear arte⁵²².

⁵²² En http://www.elperiodicoextremadura.com/noticias/extremadura/marta-de-menezes-el-arte-puede-ser-lo-que-tu-quieras-_331885.html [25-09-2012]

436. D.Montag, *This Earth (detail)* ,2006437. Mangano Ovalle, *Paternity Test1*, 1999

Como se está comprobando, la relación entre científico–artista es cada vez más común en el panorama artístico contemporáneo, *“científicos y artistas actuales –dotados de gran variedad de herramientas, libres para moverse a voluntad entre ellas y con unas estructuras abstractas lo bastante ricas como para permitirles combinar todas ellas de una manera coherente en una descripción única- están descubriendo terrenos cuya exploración nos obliga a replantearnos, como individuos y como especie, el lugar que, culturalmente condicionados, creemos ocupar en el mundo”*⁵²³.

8-9 ABSTRACCIÓN Y TIEMPO

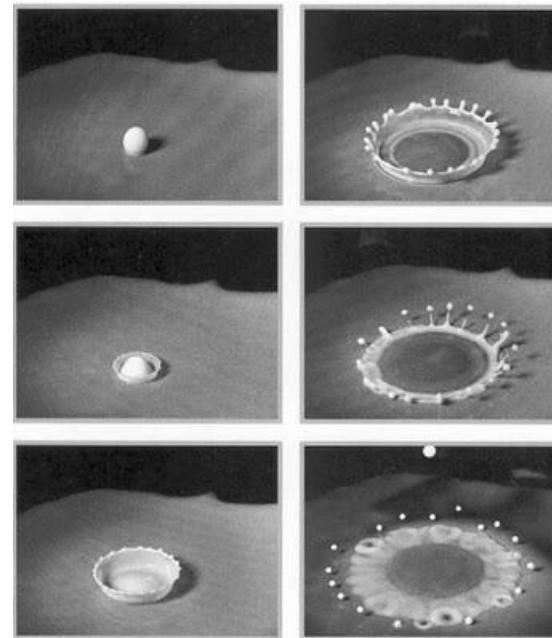
Harold Edgerton (1903-1990) impartió clases en el MIT (Instituto Tecnológico de Massachussetts) de ingeniería electrónica desde el año 1928, cuando aún no se conocían los dispositivos semiconductores y la electrónica digital estaba a

⁵²³ Corrales, Capi. *Paseo por los terrenos del arte y la ciencia actuales. En Banquete. Nodos y Redes*. Edición SEACEX y Turner, Madrid 2009. Pág. 137.

punto de aparecer⁵²⁴. Su interés por las aplicaciones de la fotografía en la ingeniería le llevó a desarrollar dispositivos como el flash estroboscópico, para poder observar sucesos que tenían lugar en fracciones de tiempo muy pequeñas, siendo invisibles al ojo humano. Algunos de sus resultados continúan el camino marcado por Muybridge y Marey en sus investigaciones sobre la descomposición del movimiento, al ser la estrobefotografía un procedimiento que permite captar y representar las fases del movimiento para su posterior análisis en diversos ámbitos científicos. Edgerton se adapta tecnológicamente a su tiempo desarrollando una visión en consonancia a los sistemas y equipos técnicos de su época, progresando en la exploración de los sucesos que permanecen ocultos a nuestros sentidos gracias a su manera de detener el tiempo.



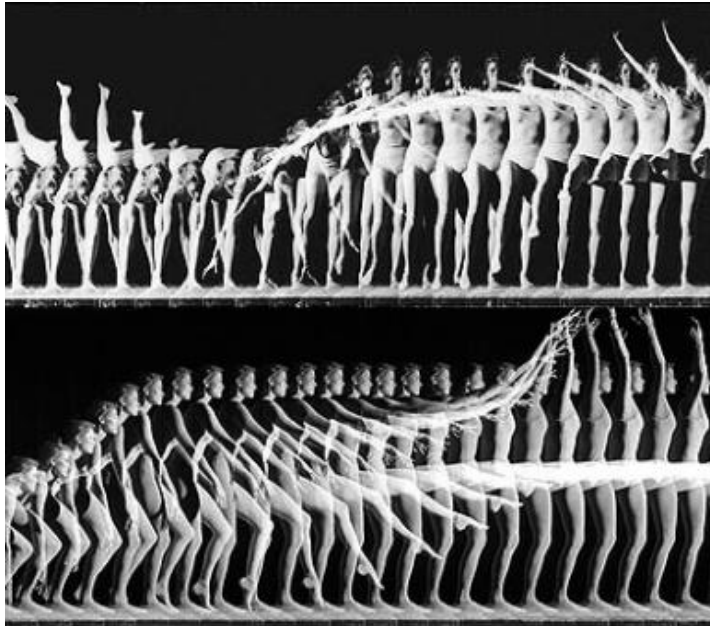
438. H. Edgerton. *P. Desjardin Diving*, 1940



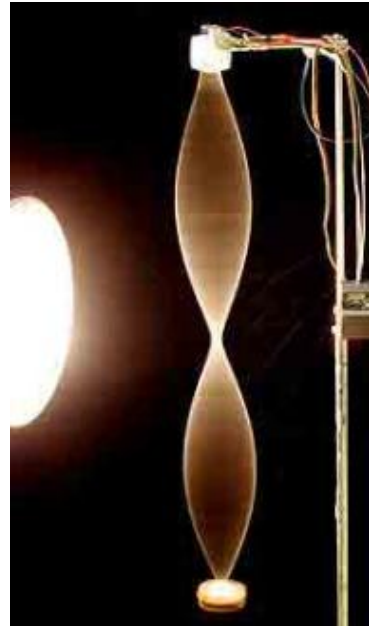
439. H. Edgerton. *Milk gives*, 1936

⁵²⁴La electrónica digital nace en 1935, cuando Claude Shannon publica un artículo en el que describe la dualidad entre la lógica simbólica y el álgebra de los interruptores eléctricos, algo que no fue previsto por Boole, De Morgan, Schröder y otros creadores del álgebra de Boole.

Andrew Davidhazy (1941-) es profesor en el Instituto Tecnológico de Rochester donde desarrolla un trabajo de investigación y experimentación en línea con Muybridge y Edgerton, relacionado con las aplicaciones técnicas, industriales y científicas de la fotografía. Distorsionando el espacio y deteniendo el tiempo, Davidhazy logra fotografías con resultados sorprendentes, que transitan formalmente entre su compatriota André Kertész (1894-1985) y el trabajo de Edgerton con procesos del siglo XXI.



440. Andrew Davidhazy. Motion, 2005



441. A. Davidhazy, *String Vibrlarge*, 2006





442. Andrew Davidhazy. Annie, 2007

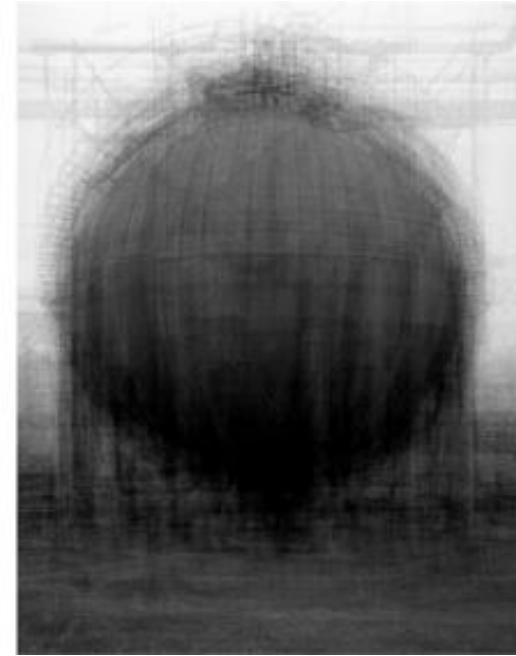
Idris Khan (1978-) se apropia de las fotografías de Muybridge, de Bernd y Hilla Becher, de textos y de partituras musicales, digitalizándolas, para posteriormente manipularlas alterando forma y espacio a través de la repetición de los motivos que aparecen en las obras. El resultado es una obra fantasmagórica compuesta por multitud de líneas que parecen transferirle movimiento al motivo producido en otra época, en otro siglo.



443. Idris Khan, *referencing Eadweard Muybridge.200*



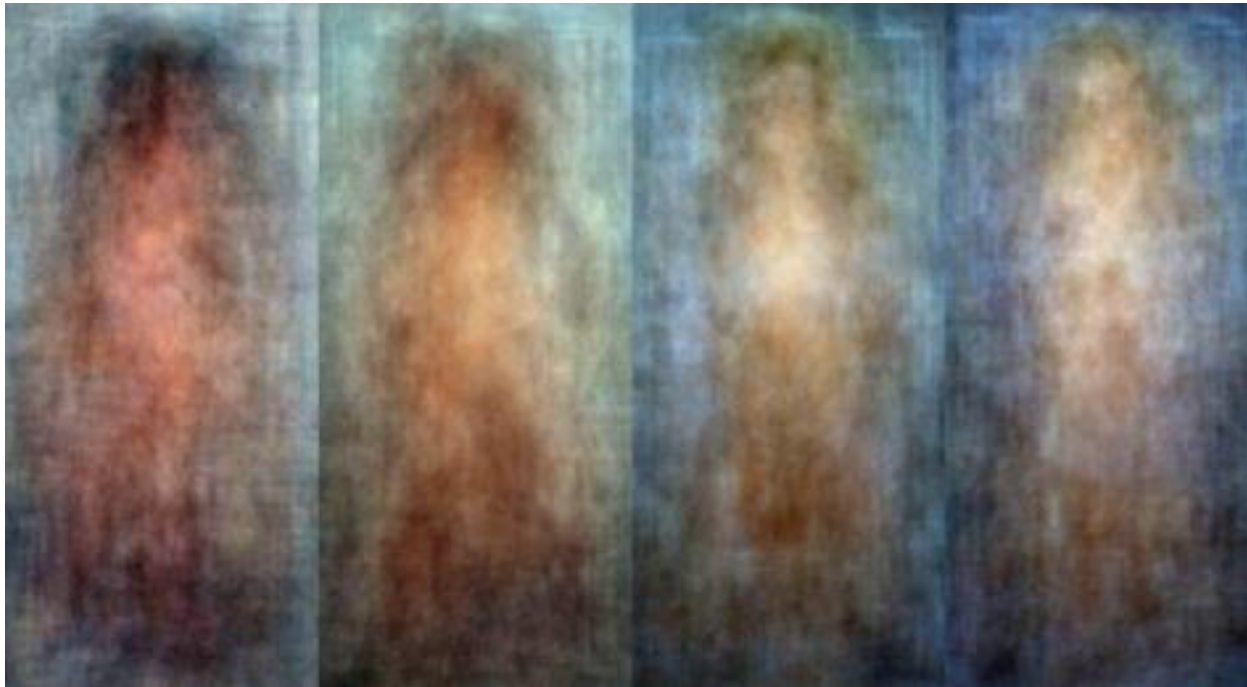
444. Idris Khan. *Bernd and Hilla Becher, 2006*



8-10 IMAGEN ANALÓGICA/IMAGEN DIGITAL

Jason Salavon (1971-), artista y programador norteamericano, continúa esta línea de trabajo con imágenes contemporáneas manipuladas a través de un software, desarrollado por él mismo, con el que se apropia de imágenes fijas o en movimiento, que están ubicadas en los nuevos medios de comunicación, reconfigurando sus datos para crear nuevas obras que se distribuirán por los mismos canales. Jason Salavon llega a una abstracción compuesta por campos de color en su trabajo *Sledgehammer* ; *Sabotage* ; *Vogue* ; *Sweet Child O' Mine*; *Smells Like Teen Spirit* ; *Express Yourself* (from MTV's *10 Greatest Music Videos of All Time*). Mediante un tratamiento informático fusiona audio y vídeo (los 10 vídeos musicales mejores de todos

los tiempos), convirtiéndolos en una misma señal, de la cual extrae los niveles promedio de croma que le servirán para crear las obras finales, que son presentadas como impresiones digitales en color montadas en plexiglás con unas dimensiones de 69 x 96,5 cm. cada una y que representan la señal cromática de un producto audiovisual de gran popularidad como es el vídeo musical.



445. Jason Salavon, *Every Playboy Centerfold*, 1998

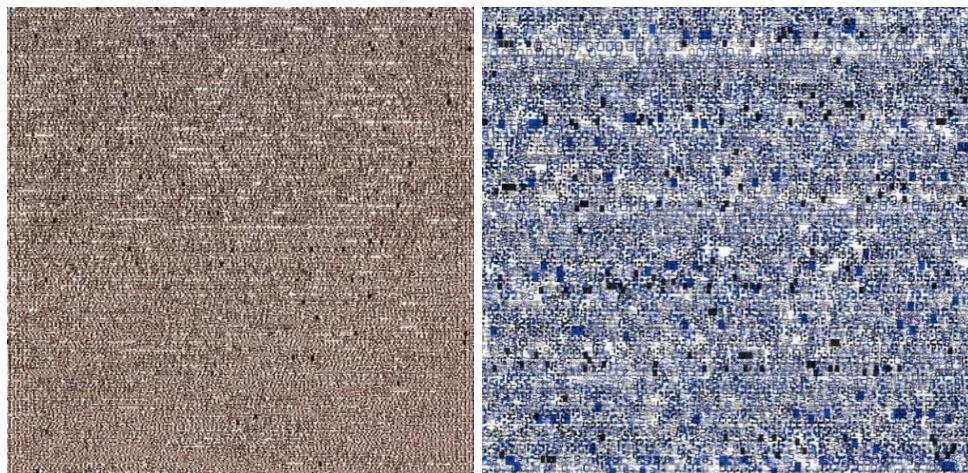


446. Jason Salavon, *City (westward)*, 1999

447- 448 Jason Salavon, *Express Yourself* , 2002449. Jason Salavon, *Titanic*, 2003

El artista alemán Andreas Müller-Pohle (1951-) investiga el tránsito de la fotografía química a la imagen digital en su trabajo *Digitale Partituren (nach Nicephore Niépce)*, donde la fotografía más antigua, que fue realizada por Niépce en el año 1826, *Punto de vista desde la ventana del Gras*, es digitalizada, dando como resultado una información binaria de 7 Mbyte, que son trasladados por el autor a un código alfanumérico únicamente accesible a través de computadores. Müller-Pohle representa esta información en un panel compuesto por ocho imágenes digitales equivalentes a las ocho horas de exposición que Niépce necesitó para que la imagen se formara. El tiempo de la representación es transformado en la representación de la información, poniendo de manifiesto la imposibilidad de acceder con nuestros sentidos a una visión de ocho horas de duración, así como a unos códigos visuales incomprensibles. Müller-Pohle volverá a investigar la transformación analógica-digital en su vídeo-instalación *Analog-Digital Mirror*, donde una cámara registra a las personas que observan la instalación y traslada su imagen (analógica) a un código digital que es proyectado en las pantallas, y que está en constante transformación debido al movimiento de los sujetos que interaccionan con la vídeo-instalación, mostrando la rigidez de la imagen analógica frente al flujo inestable de

la imagen digital. Este artista realizó trabajos reflexionando sobre la destrucción de la imagen analógica en su serie *Cyclograms* (1991–1994) y su vídeo *Entropia* (1996) que muestra la destrucción, realizada por una trituradora industrial, de fotografías, litografías y cuadros, simbolizando un proceso de reciclado de este tipo de imágenes.



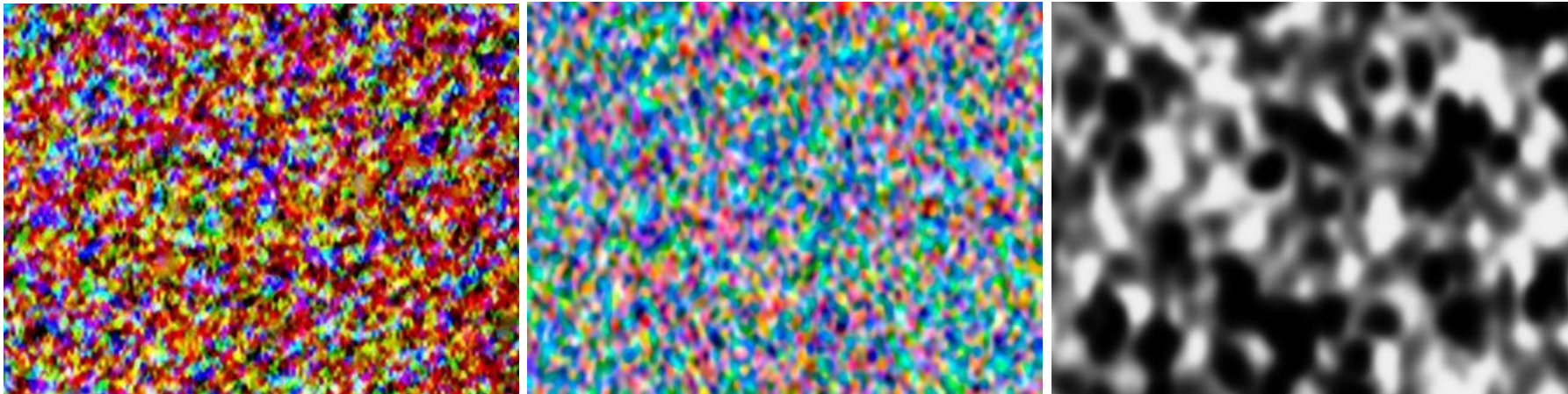
450-451. Müller-Pohle *Digitale Partituren* (nach Nicephore Niépce)



452. Muller-Pholle *Analog-Digital Mirror*, 2004

Poder contemplar los soportes físicos o matéricos y los códigos sobre los cuales se desarrolla la imagen, profundizar en la naturaleza de la imagen, es un campo de investigación y de experimentación recurrente en el trabajo de algunos creadores del siglo pasado y, como se puede comprobar, de numerosos artistas y fotógrafos actuales. Un ejemplo es Paul Graham (1956), que abandona por un momento su amplia trayectoria como documentalista, donde ponía de manifiesto las desigualdades sociales y la hipocresía política de las sociedades democráticas actuales, para reflexionar sobre el soporte básico de la fotografía química: el negativo fotográfico. Escaneando negativos antiguos y ampliándolos digitalmente, los motivos y las formas desaparecen, revelándose la estructura, configuradora de la imagen, de cualquier emulsión fotográfica. Esto es lo que muestra

en su serie *Films 2011*, los cristales compuestos de haluros de plata y polímeros de las películas fotográficas y cinematográficas de blanco y negro o color que, a ese tamaño, aparecen como abstracciones formadas por puntos, gotas y formas de color o tonalidades de grises. Una melancólica reflexión sobre la desaparición de un soporte que ha prevalecido durante todo el siglo XX y que está en vías de extinción por la rotunda irrupción de los soportes digitales.



453-454-455. Paul Graham. *Films*, 2011

El artista británico Walead Beshty (1976-) realiza una revision histórica, a través de sus fotogramas, rindiendo homenaje a figuras destacadas del medio fotográfico como Moholy-Nagy o Man Ray, además de reflexionar sobre el desarrollo tecnológico que se ha producido en la fotografía desde finales del Siglo XX.

Silvio Wolf (1952-) muestra en su serie *Horizons* fotografías resultantes de los inicios de las películas fotográficas y su exposición accidental a la luz cuando al insertar la película en la cámara para ser expuesta se quemaba por la acción incontrolada de la luz.

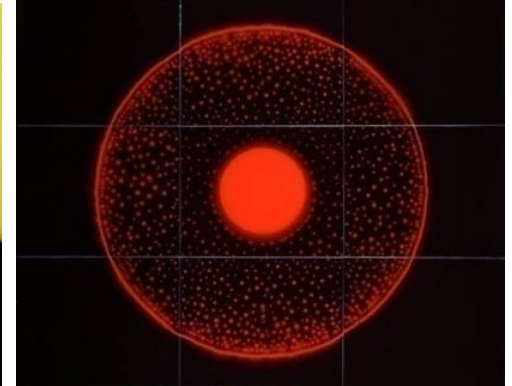
Garry Fabian (1957-) aplica a sus emulsiones largos tiempos de exposición, de más de cinco horas, a través de vidrios u otros objetos traslúcidos, consiguiendo unos resultados sorprendentes que evocan formas primigenias.



456. W. Beshty, *Three Color Curl CMY*, 2008



457. S. Wolf. *Horizon 03*, 2003

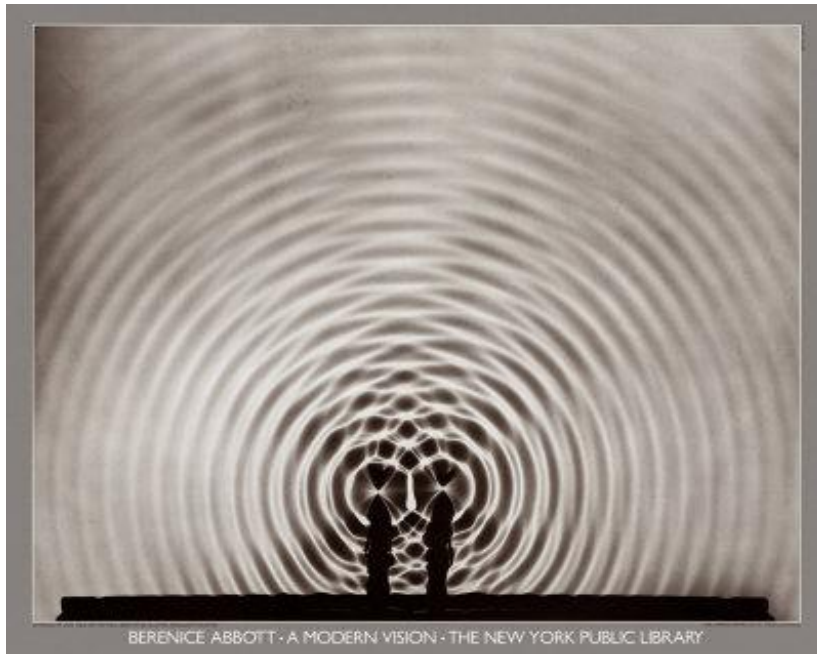


458. G. Fabian *5 h. exposure*, 2003

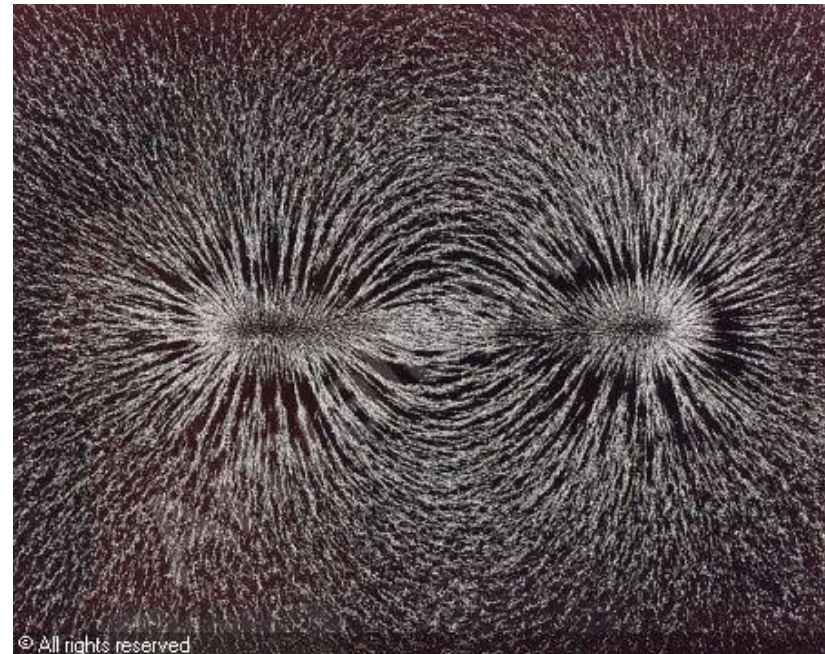
8-11 FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA. HISTORIAS DE FANTASMAS

La fotógrafa estadounidense Bernice Abbott (1898-1991) desarrolló un importante trabajo de investigación sobre fenómenos físicos capturados a través de fotografías, con la intención de mostrar sucesos ocultos al ojo humano, haciendo visible lo invisible. Los campos magnéticos, el comportamiento de los frentes de ondas, (utilizados como un modelo de estudio para la exploración de la propagación de las ondas electromagnéticas), el comportamiento de la luz al pasar de un medio a otro (fenómeno que se denomina difracción), o la trayectoria de objetos en movimiento, tal y como desarrolló poco antes Edgerton, fueron acontecimientos capturados, de manera ingeniosa con un gran sentido compositivo y cierta poética, por la cámara de Abbott durante el periodo de permanencia en el MIT (*Massachusetts Institute of Technology*), desde el año 1958 a 1961. Abbott exploró sucesos que en su época, a mediados del siglo XX, comenzaron a tener cierta repercusión en el desarrollo tecnológico,

como fueron las emisiones de señales de radiofrecuencia para la distribución de la señal de televisión, ilustrando complejos hechos científicos para así ayudar a su comprensión y difusión. Estos acontecimientos han adquirido una importancia fundamental en nuestra época, tal y como se está apreciando a lo largo de esta investigación, y la fotografía continúa revelando imágenes sorprendentes que son producto del desarrollo científico y tecnológico de su momento histórico. Como decía Abbott, *“la fotografía es esclava de su época [y es] el medio idóneo para unir la ciencia con el arte. La fotografía nació rindiendo servidumbre a la era científica, es un descendiente natural tanto de la ciencia como del arte”*.⁵²⁵

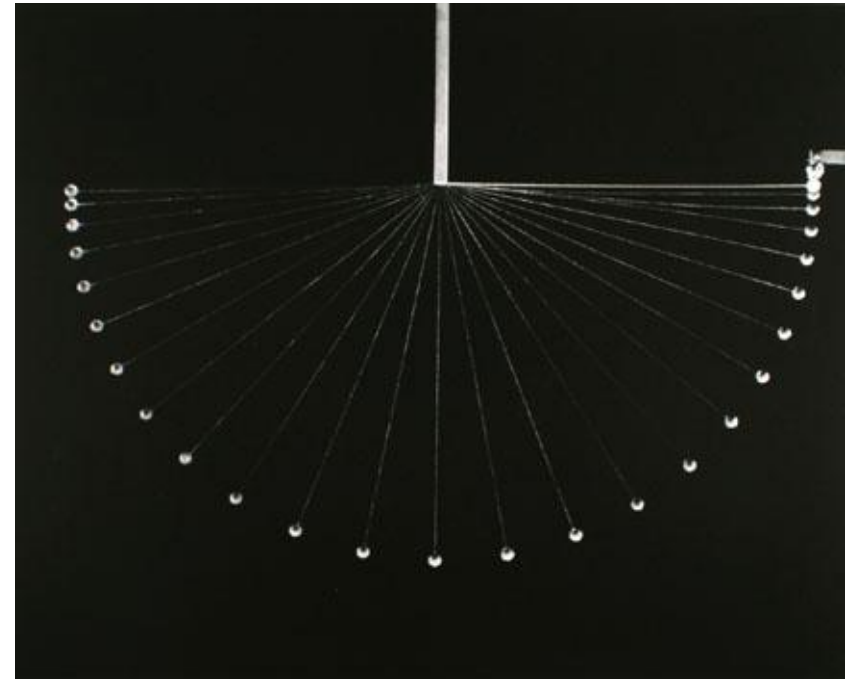


459. B. Abbott. *Science Picture 8*, 1961



460. B. Abbott *Magnetic Field*, 1959

⁵²⁵ Abbott, Bernice. *Aperture Masters of Photography*. Aperture Foundation. Editorial Könemann. Cologne. Germany. 1997. Págs 22-28



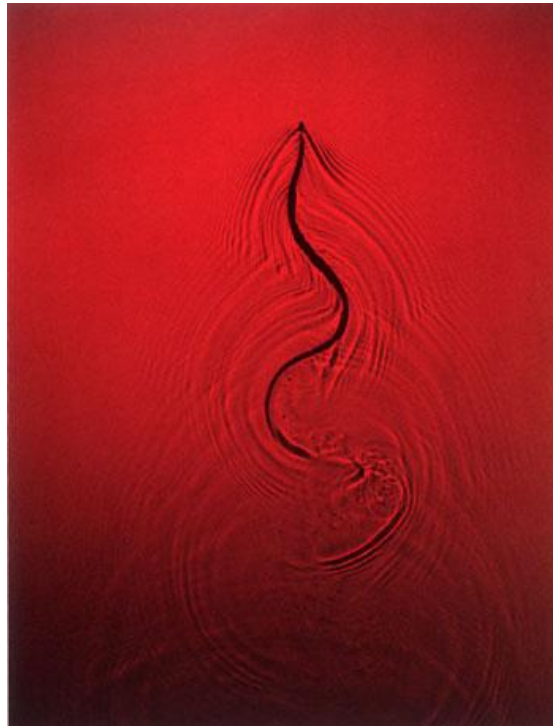
461-462 Abbott, Berenice. *The Science Pictures portfolio*. 1982

Adam Fuss (1961-) utiliza una amplia variedad de técnicas y procesos fotográficos empleados a lo largo de la historia del medio (diversos tipos de cámaras, rayos x, difracción de la luz, fotogramas, daguerrotipos, cianotipos...) para revelar sucesos ocultos, que no pueden percibirse con nuestros sentidos, obteniendo misteriosas imágenes donde los objetos representados adquieren un aura que los traslada a un dominio metafísico e intemporal. En su obra, la fotografía realiza un viaje en el tiempo para manifestar su pertenencia al ámbito del arte y de las ciencias.

“Creo que la fotografía fue un puente porque era muy científica y a la vez lidiaba con la creación de imágenes, lo cual no tenía nada de científico, pertenecía al ámbito de las artes. Fue el puente entre el interés de mi infancia en las ciencias y el mundo de las artes como practicante”⁵²⁶



463. Adam Fuss. *My Ghost*, 2003



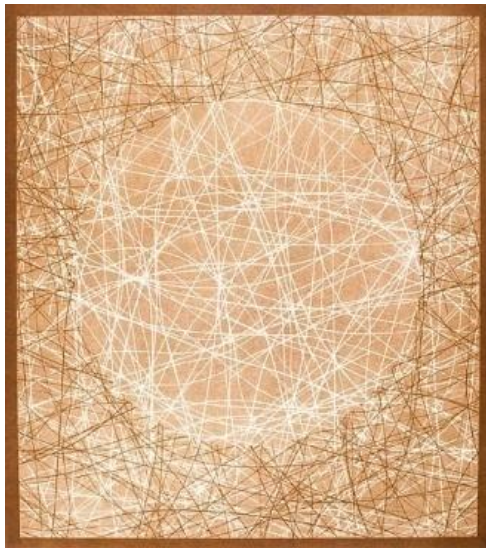
464. Adam Fuss. *Untitled*, 1997



465. Adan Fuss *Untitled*, 1997

⁵²⁶ Fuss, Adam. “¿Qué es abstracto?”. Revista Exit nº 14. *Abstracción*. Pág. 44.

Edward Mapplethorpe (1960-), hermano menor de Robert Mapplethorpe (1946-1989), utiliza de la misma manera una amplia variedad de técnicas y procedimientos fotográficos, que incluyen los nuevos procesos digitales, para representar el orden y el caos presentes en la naturaleza. En su serie *Time Lines* (2007-2009) utiliza pelo de animales para crear fotogramas únicos organizados de manera aleatoria, que recuerdan a los *action painting* de Pollock, combinando el gesto espontáneo de la pintura de acción con los procesos de la fotografía. Anteriormente, en su serie *Hair Transfer*, 2004 utilizó cabello humano obteniendo resultados similares. En su serie *The variations* (2010-2011), inspirada en las Variaciones *Goldberg* de J.S. Bach interpretadas por el pianista canadiense Glenn Gould, sigue utilizando el azar y el tiempo intentando equilibrar orden y caos a través de un proceso químico- fotográfico.



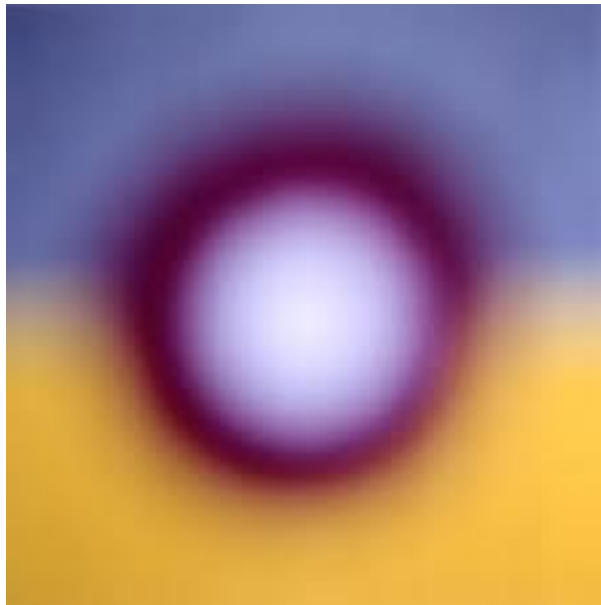
466. E. Mapplethorpe, *Untitled No. 846*, 2007



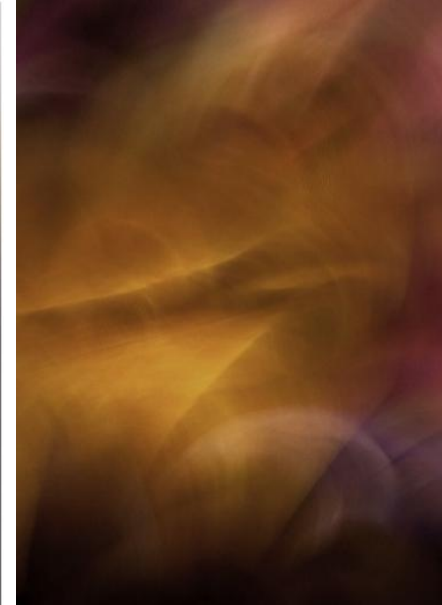
467-468. Edward Mapplethorpe, *Variation No. 10-15*, 2010



La abstracción que aparece en estos trabajos es el resultado de la propia experimentación con el medio y la necesidad, por parte de estos artistas, de representar la realidad que no es percibida por nuestros sentidos, rebasando en ocasiones las realidades físicas para adentrarse en el terreno de la metafísica, relacionándose incluso con las creencias religiosas. Tal es el caso de Bill Armstrong (1952-) que en su proyecto *Infinity* se apropia de imágenes manipulándolas de diversas maneras. En su serie *Mandalas* obtiene círculos concéntricos de color, como forma fundamental de los Mandalas tibetanos, que simbolizan la *rueda de la vida* o *el mapa del cosmos* en la religión budista, evocando de esta manera la trascendencia y espiritualidad oriental. La artista iraní Shirine Gill (1947-) consigue a través de la luz, el movimiento y el azar unas abstracciones muy sugerentes en un intento de huir de la realidad comúnmente aceptada.



469. B. Armstrong. *The Mandala and Buddha*, 2003



470-471. Shirine Gill. *Oriental Elegy I- IV*, 2012

El artista alemán Wolfgang Tillmans (1968-) se aleja unos instantes de sus escenas cotidianas y sociológicas, propias de su realidad más cercana, para adentrarse en mundos visuales más complejos y conceptuales. Se sitúa en un terreno de investigación que le impulsa a experimentar con los efectos de luz y color, desarrollando series como *Mental Pictures*, *Blushes* o *Collider*, realizadas sin cámara, manipulando directamente la emulsión fotográfica y dejando que el azar realice parte del trabajo. El resultado son imágenes de diversos tamaños donde lo materico y lo visual adquiere una extraña belleza.



472. Wolfgang Tillmans, *Blushes*, 2000



473. Wolfgang Tillmans *Blushes 59*, 2000



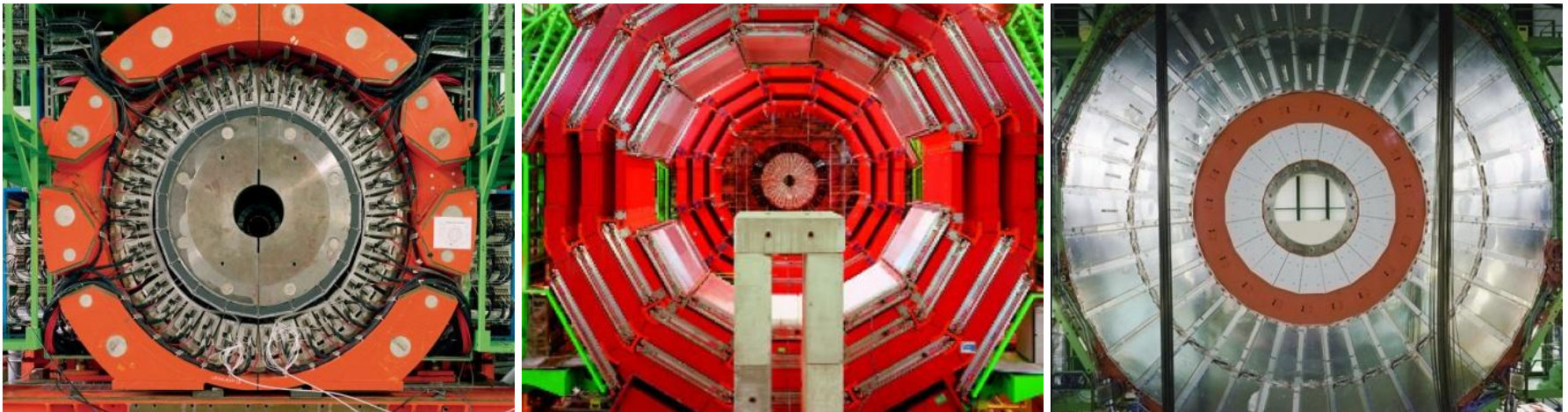
4 74. Wolfgang Tillmans. *Icestorm*, 2001

8-12 GEOMETRÍA Y PARTÍCULAS

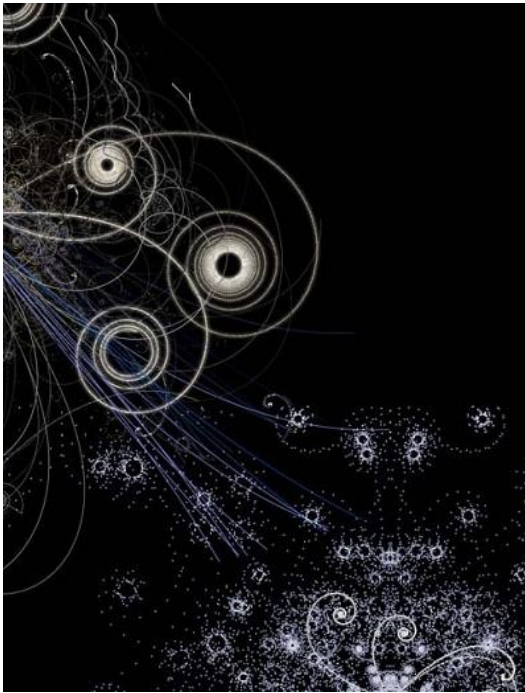
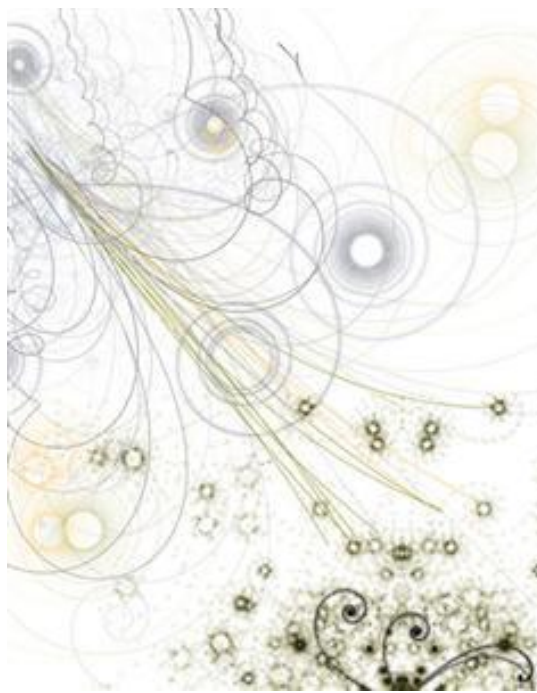
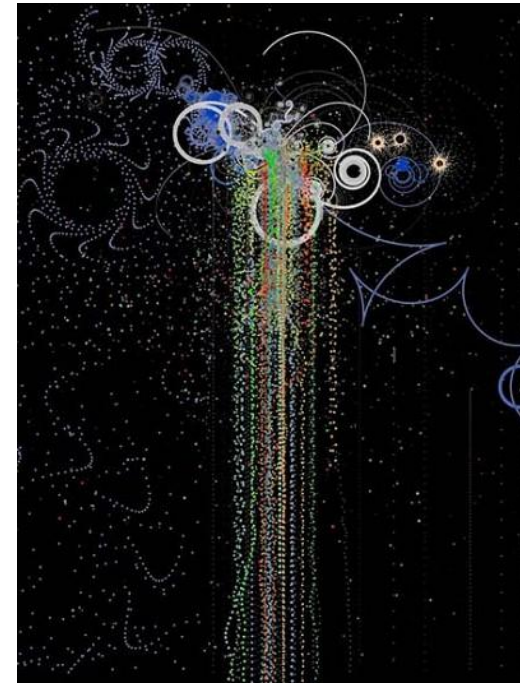
Carter Hodgkin (1961-) se inspira en el mundo invisible de la física, en concreto en la exploración del mundo subatómico; no con los modernos aceleradores de partículas que se han explicado fugazmente en esta investigación, sino a través de la manipulación de códigos informáticos. Éstos generan simulacros de colisiones de partículas subatómicas que se traducen en puntos y líneas de diversos colores.

Los resultados que aportan son aleatorios, ficticios y sin base teórica. Éstos son capturados y ajustados en un ordenador para, posteriormente, imprimirlos y ser presentados como imágenes digitales que diluyen los límites existentes entre fotografía, dibujo y pintura. En este trabajo, la abstracción es creada por algoritmos, evocando una nueva geometría de lo invisible similar a la presentada en esta investigación en el punto 6-2 *Microcosmos. Electrones, Neutrinos, Quarks,... Partículas*. Sin embargo, el proceso de creación de estas imágenes está altamente tecnificado, siendo su realización muy laboriosa y compleja.

Para poder adentrarse en la materia y explorar sus límites se necesitan unos gigantescos dispositivos que ha fotografiado Simon Norfolk (1963-) en su serie *The LHC: the spirit of enquiry*. Compuesta por seis fotografías realizadas de forma tradicional con una cámara de gran formato Ebony RW45 y placas negativas fotográficas Norfolk, muestra una sección del LHC con el centro ubicado en el plano de trayectoria del haz en el momento de su construcción, enfatizando su forma geométrica que vincula la simbología del círculo en diferentes culturas.



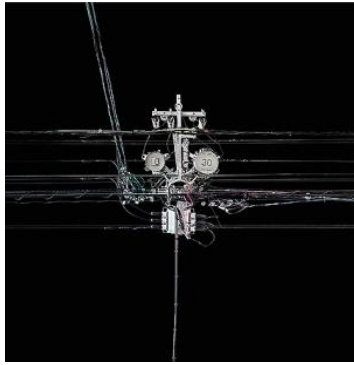
475-476-477. Simon Norfolk - *Untitled (Large Hadron Collider)*, 2006

478. Hodgkin, *Right Shift II*, 2007479. Hodgkin, *Right Shift IV*, 2007480. Hodgkin, *Turning Down*, 2007

Andreas Gefeller (1970-) se acerca a la abstracción componiendo a través de elementos pertenecientes a un mundo donde la tecnología ocupa una posición hegemónica. Estos motivos se pueden observar en *The Japan Series*, donde muestra tendidos eléctricos o de comunicaciones (telefonía RDSI), que posibilitan la distribución de la energía eléctrica y la señal de telefonía e Internet a cada hogar del planeta. La manipulación digital de las imágenes permite resaltar su composición formal, compuesta de un núcleo central y ramificaciones, enfatizando en su obra el concepto de redes y nodos. Ésta distribución compositiva es análoga a la realizada en su serie *Blank*, donde a través de imágenes obtenidas por satélite y modificadas digitalmente Gefeller muestra aglomeraciones de núcleos urbanos y sus consecuentes ramificaciones sobre un fondo negro.



481. A. Gefeller, *SV 08*, 2012



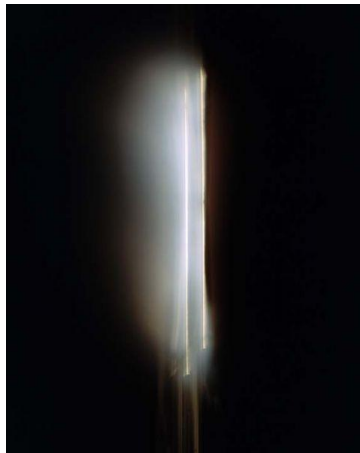
482-483. A. Gefeller, *The Japan Series*, 2012



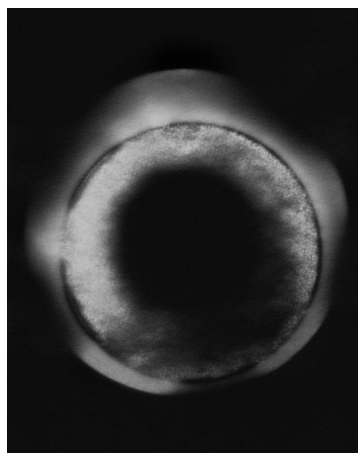
483. Gefeller *SV 05*, 2012

8-13 COSMOS: ABSTRACCIÓN O REALIDAD

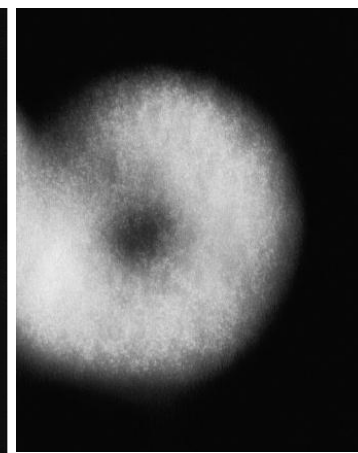
El joven artista finés Mikko Sinervo (1980-) se inspira en la luz del cosmos y su percepción para el desarrollo de su trabajo, que tiene claras referencias a la obra de James Turrell (1943-) y de Olafur Eliasson. Sinervo hace alusión a la tradición fotográfica para explicar fenómenos descubiertos por científicos, creando una estética propia producida por su imaginación y que recuerda a los cuerpos celestes y las constelaciones obtenidas gracias a los modernos telescopios y satélites.



484. Mikko Sinervo. *Wish*, 2007



485. M. Sinervo, *Macho*, 2008



486. M. Sinervo, *Corona 1*, 2011

Vija Celmins (1939-) igualmente quedó fascinada por la visión del cosmos, trasladándola de forma poética al lienzo “*Los cielos nocturnos surgieron del lápiz, de apretar el lápiz tan fuerte y enamorarme de esa negrura*”⁵²⁷ y dándole una apariencia fotográfica muy similar a los lienzos de Gerhard Richter (1932-), que transitan entre la abstracción y el fotorrealismo.

El químico y fotógrafo británico David Malin (1941-) pasó de realizar microfotografías para la sede británica de la farmacéutica suiza Ciba Geigy, convirtiéndose en un experto en fotomicroscopía química, al innovar en el campo de la astrofotografía. David Malin proporcionó colores a las estrellas; hasta 1975 el Universo se observaba en blanco y negro: “*El Universo está lleno de color pero nuestros ojos no pueden apreciarlos [...] Cuando oscurece los colores de un paisaje pierden intensidad; pero no es que desaparezcan por algún influjo misterioso, es tan sólo un efecto óptico*”⁵²⁸. El color se aprecia cuando una fuente de luz ilumina un objeto y la luz reflejada transmite el color del objeto, absorbiéndose las demás longitudes de onda. Sin luz no hay reflejo ni color, y en el espacio no hay luz suficiente para que el ojo humano la capte; sólo aprecia los puntos más brillantes, dando lugar a imágenes en blanco y negro, a simple vista o a través de telescopios. Malin superpuso positivos y negativos fotográficos e introdujo los tres colores primarios: rojo, azul y verde (RGB: Red, Green, Blue), con los cuales se puede generar toda la gama cromática mediante la suma de las cantidades apropiadas, en el tratamiento final. Este proceso da a las fotografías astronómicas una sensación de color verdadero, ofreciendo resultados espectaculares, ya que se consigue aumentar los límites del espectro visible, es decir, el margen de longitud de onda que el ojo humano puede ver, haciendo visible lo que permanecía oculto a la observación visual. A partir de la década de los ochenta del siglo pasado las fotografías del

⁵²⁷ Celmins, Vija. Citada por Antonio Muñoz Molina en “*La pizarra del cielo*”. Diario El País 15-05-2010

⁵²⁸ Malin, David citado en “*El fotógrafo de las estrellas*”. Xavier Pujol Gebelli. Revista El País Semanal

cosmos obtuvieron una gama cromática que las convirtió en espectaculares imágenes situadas en la frontera entre la ciencia y el arte.



487-488. David Malin. *Horsehead nebula*, 1980-2010



489. David Malin, *Vela roe*, 2003

Una visión contrapuesta a la descubierta por Malin es la ofrecida por el artista californiano Mungo Thomson (1969-) en su serie *Negative Space*, que “es una reflexión sobre el color de la nada”⁵²⁹ y en la cual el negro presente en la inmensidad del cosmos pasa a ser blanco; una reflexión sobre el vacío en el espacio exterior, desarrollando un simple paralelismo con el vacío de la sala de la galería de arte, que en la mayoría de las ocasiones es de color blanco, creando un juego de marcos perceptivos. Las fotografías son obtenidas a través de la red, en la página del telescopio Hubble: <http://hubblesite.org/>, como algunas de las imágenes expuestas en esta investigación. Libres de derechos de autor, estas imágenes son manipuladas por el artista, produciendo un negativo digital que es adaptado a las dimensiones del espacio donde va a ubicarse.

⁵²⁹ http://hammer.ucla.edu/programs/detail/program_id/21 [23-04-12]



490-491. Mungo Thomson, *Negative Space*, 2006

8-14 THOMAS RUFF

Finalizando este rápido tránsito por la creación artística contemporánea, donde se han destacado autores que trabajan en una línea difusa entre arte, ciencia y abstracción, concluiré este apartado con un autor que tiene una obra cuya consecución tiene cierto paralelismo formal con lo expuesto en esta investigación en su desarrollo estructural central. En ella están presentes el macrocosmos, el microcosmos, la máquina y últimamente la visión expandida.

Thomas Ruff (1958-), en sus primeros trabajos, realizados tras su paso por la Kunstakademie de Düsseldorf, realiza una serie de retratos, *Portraits* (1986-1991), donde el punto de vista es frontal y la concepción estética similar a la de una foto de documento de identidad, en el cual la apariencia objetiva es la norma. Los retratados son personas de su generación; amigos y conocidos pasaron por su estudio para ser fotografiados con su ropa de diario y de la manera más natural posible, intentando

conseguir neutralidad expresiva, con la intención de resaltar la objetividad fotográfica. Posteriormente, compone una serie de casas, *Houses* (1987-1997), tratadas del mismo modo que los rostros: como retratos frontales y escuetos. En estas fotografías Ruff muestra una arquitectura muy simple, banal y cotidiana, realizada durante el periodo comprendido entre 1950-1970 y ubicada en barrios reconstruidos después de la II Guerra Mundial. Una arquitectura de su generación, nada espectacular, y que es capturada contra un cielo gris de manera sobria y neutral, enfatizando su racionalidad y anonimato.



492. Thomas Ruff *Portraits*, 1990



493. Thomas Ruff, *Houses*, 1989



492. Thomas Ruff *Portraits*, 1988

Las fotografías de Ruff “*son una demostración impecable de la perfección de que la fotografía es igualmente capaz de registrarlo todo y no revelar nada*”⁵³⁰. Su obra está hecha en color y muy vinculada al concepto tipológico heredado de los Becher. En su fotografía de la fábrica de Ricola, en Laufen (Suiza), tomada en 1992, o la de Sammlug (Goetz), en 1994, podemos apreciar esa frontalidad que presenta al modelo con tanta inmediatez como inexpresividad.



493. Thomas Ruff, *Sammlug (Goetz)*, 1994

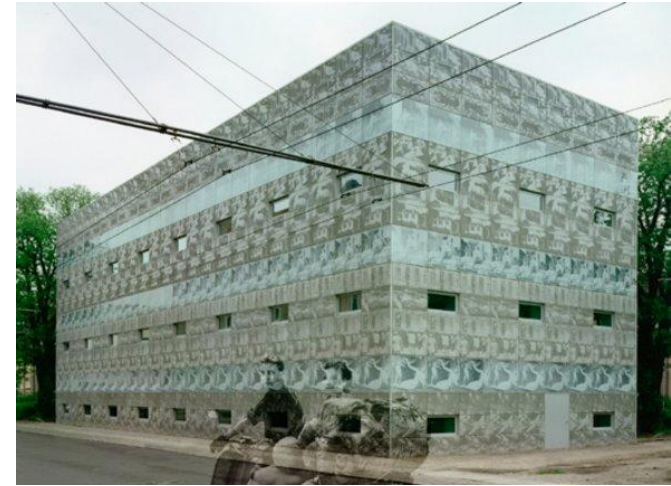
No obstante, algunas fotografías tomadas a la arquitectura de Herzog & de Meuron rompen con esa frontalidad tan rigurosa en la obra de Ruff y hace las tomas desde ángulos laterales, bien para enfatizar la ubicación y adaptación del edificio a la topografía del terreno, tal es el caso de *Antipodes I*, (Dijon) 1993, bien para enfatizar elementos arquitectónicos del edificio,

⁵³⁰ Galassi, Peter “*El mundo de Gursky*” En el catálogo de la exposición *Andreas Gursky* The Museum of Modern Art March 4-May 15, 2001 New York. MNCARS. Palacio de Velázquez 12 julio-23 septiembre. Traducción María Luisa Balseiro, Madrid 2001.

que en el caso de esa vista frontal quedarían ocultos dentro de la estructura, como en el caso de *Ricola Mulhouse*, (1994), donde ha realizado una toma nocturna para destacar la iluminación del edificio.



494. Thomas Ruff, *Ricola Mulhouse*, 1994



495. T. Ruff, *Bibliothek Eberswalde*, 1999

Estas obras, que se apartan bastante de la concepción estética que domina en la obra de Ruff, tienen como principal objetivo mostrar la superficie y la forma del edificio con la intención de expresar un determinado significado intrínseco en las propuestas arquitectónicas. Las fotografías de Ruff están totalmente vinculadas a la estética minimalista, seguida por los arquitectos Herzog & de Meuron, de austeridad formal y con un tratamiento preciosista de los materiales, actitud ésta que es adoptada por un variado grupo de arquitectos europeos como Dominique Perrault o Hans Kollhoff. Fuera de los encargos relacionados con proyectos arquitectónicos, Ruff explora la obra de los principales referentes de la arquitectura moderna como Ludwig Mies van der Rohe en su serie *I.m.v.d.r.* 1999 utilizando fotografías propias, que en ocasiones eran manipuladas, y fotografías documentales extraídas de distintos archivos.

496. Thomas Ruff, *l.m.v.d.r, d.p.b. 02*, 1999497. Thomas Ruff, *l.m.v.d.r, h.t.b 01*, 1999

El uso de fotografías de diferentes archivos documentales es habitual en la trayectoria artística de Ruff⁵³¹, y en concreto en las series que albergan ciertos paralelismos con lo expuesto en esta investigación y que tienen la imagen científica como principal referente. Por ello me ajustaré en este apartado a estas series, donde la exploración y manipulación de imágenes científicas emplazadas en diferentes centros de investigación e instituciones científicas son utilizadas por el autor siguiendo el proceso de: apropiación de la imagen, a través de la red o adquiriéndola personalmente; manipulación; descontextualización y ubicación en el terreno artístico.

⁵³¹ Series como *Sterne (estrellas)* 1989-1992, archivos científicos; *Zeitungsfotos (fotos de periódicos)* 1990-1991, archivos de prensa; *Andere Porträts (otros retratos)* 1994-1995, archivos policiales; *Plakate (posters)* 1996, diferentes archivos para crear fotomontajes; *l.m.v.d.r.* 1999, archivos de documentos de la historia de la arquitectura; *Nudes (desnudos)*, 1999 archivos pornográficos extraídos de Internet; *Substrat* 2001, archivos de internet procedentes de cómics manga ; *jpgs* ,2007 archivos de internet; *Cassini* 2008-2009, archivos de la NASA a través de internet; *ma.r.s.*,2010, archivos de la NASA a través de internet.

El interés por la astronomía conduce a Thomas Ruff a la realización de una serie denominada *Sterne* (estrellas) 1989-1992. La imposibilidad de tomar astrofotografías de gran calidad con su equipo le induce a obtener las fotografías adquiriéndolas a través de una institución científica; Ruff compra 600 negativos de la bóveda celeste observable desde el hemisferio sur de la tierra, realizadas a través de un telescopio en el Observatorio de La Silla en el desierto de Atacama de Chile y perteneciente al Observatorio Europeo Austral (European Southern Observatory ESO). De estos negativos selecciona fragmentos y los amplía a gran tamaño, mostrando pequeñas estrellas blancas sobre el fondo negro del espacio sin ninguna jerarquía y llegando a un grado importante de abstracción. La reducción a dos dimensiones, las enormes distancias que separan unas estrellas de otras y los largos tiempos de exposición sitúan todas las estrellas en un mismo plano, capturando tiempo pasado y tiempo presente de manera simultánea y mostrando una imagen alejada de la realidad pero que nos construye la realidad espacial que nosotros conocemos.

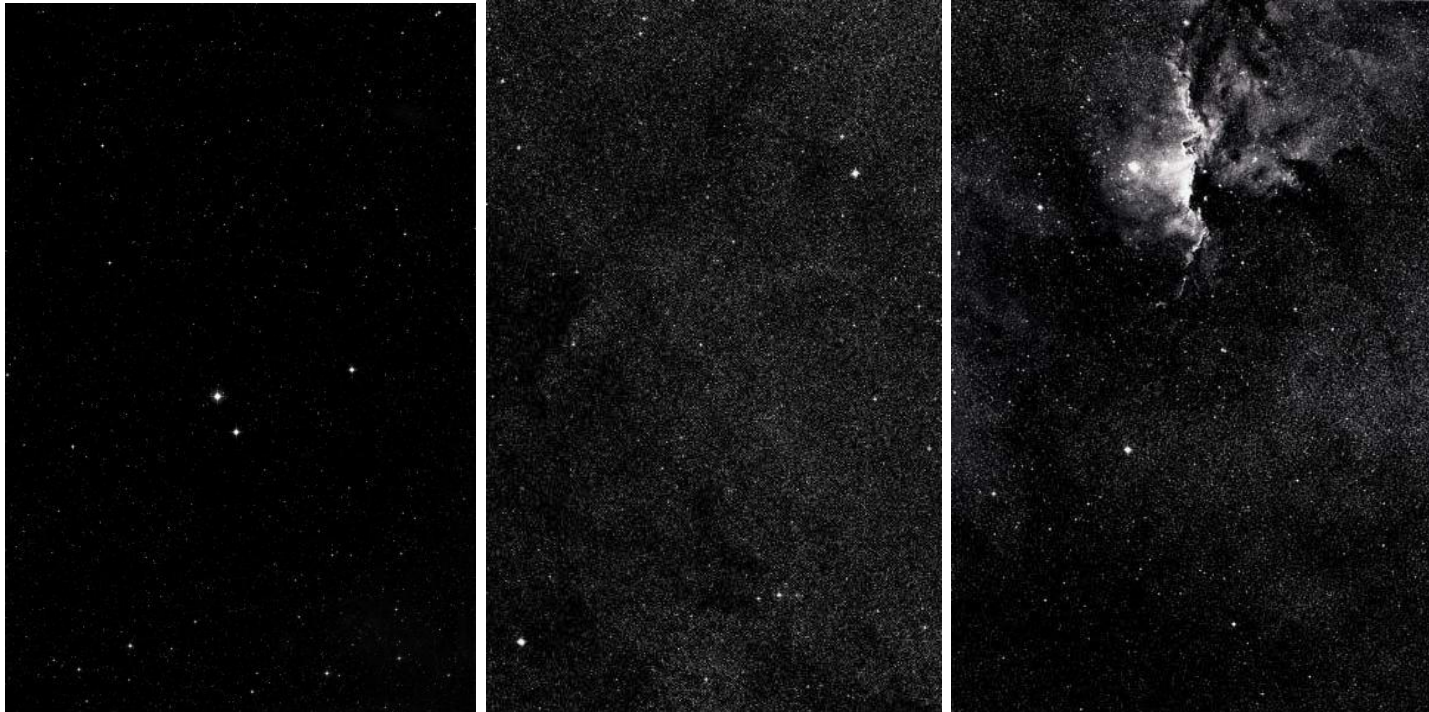
“En el primer plano ya no se encontraba la mirada científica de la realidad plasmada fotográficamente, sino la percepción estética de un motivo asociado con ideas románticas”⁵³².

La mirada científica está escrita a través de ecuaciones matemáticas que nos sitúan cada uno de los puntos luminosos en su espacio y tiempo exacto; por esta razón, Ruff da título a cada fotografía con las coordenadas, la inclinación y los grados, que

⁵³²Liebermann, Valeria. “Las imágenes de Thomas Ruff”. Arte y Parte n° 95. Octubre –noviembre 2011. Pág. 16

registran el lugar exacto del cielo donde fueron tomadas, con la intención de acercar al espectador una realidad que es elaborada a base de fundamentos científicos. Sin embargo,

“las estrellas, los planetas y la simple mirada que se pierde por entre la noche despejada ha abierto una nueva forma de mirar, no exenta de cierto estremecimiento emocional, lo cual nos adentra de lleno en el campo de lo artístico.”⁵³³



497. T.Ruff, *Sterne 02h 48m /35°*, 1990

498. T.Ruff. *10 h 08 m /60°*, 1990

499. T.Ruff *16 h 30 m /-50°*, 1992

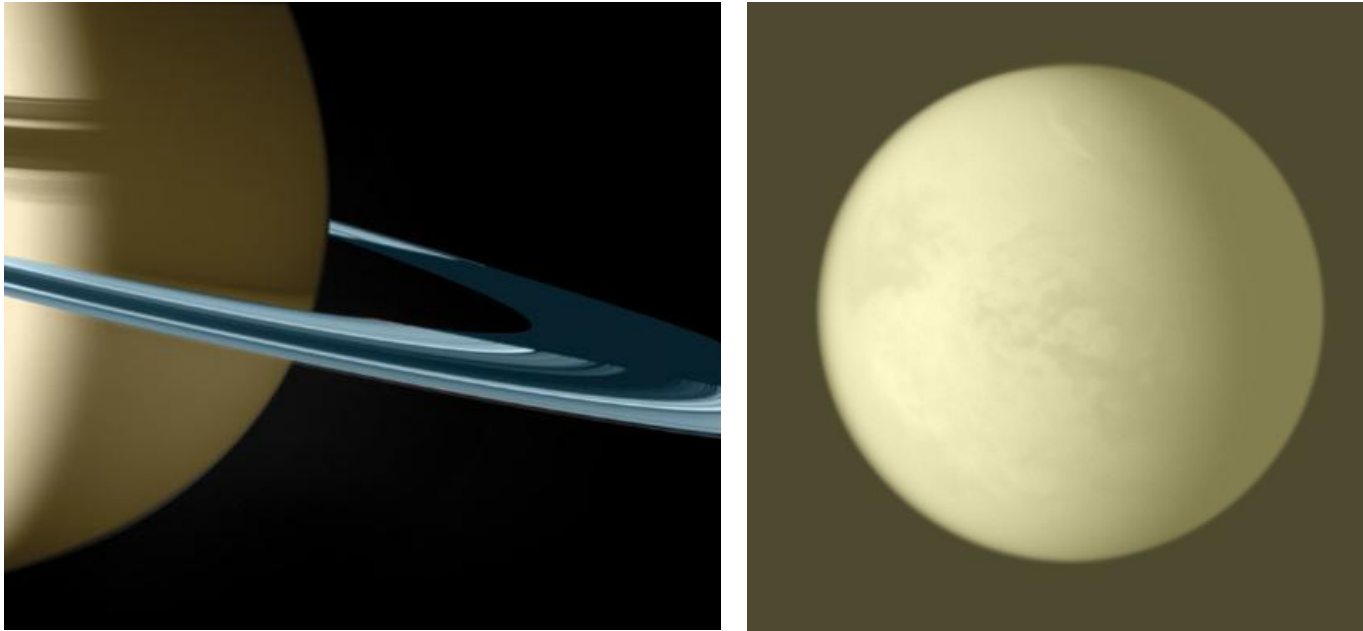
⁵³³ Calvo Serraller, Francisco. *La mirada perdida. Thomas Ruff ma.r.s.* Catálogo exposición CAC Málaga. 2011. Pág.17

Ruff vuelve a dirigir su mirada al cielo casi veinte años después en su serie *Cassini* (2008-2009). Durante este tiempo, el desarrollo tecnológico ha provocado un cambio revolucionario en el modo de obtener las imágenes. De la fotografía química se ha saltado a la fotografía digital de forma irreversible democratizando aún más el medio; cámaras al alcance de cualquier bolsillo e insertadas en diversos dispositivos como teléfonos móviles, ordenadores personales (PC) o tablets, miles de millones de imágenes difundidas a través de la red internet al alcance de todos, muchas de las cuales nos acercan a mundos extraordinarios e inaccesibles para la gran mayoría hace algunos años. Thomas Ruff ya no necesita comprar negativos fotográficos de un observatorio astronómico; tiene, y tenemos, al alcance de un click de ratón, las imágenes de la NASA, la ESA, el CERN,... observatorios astronómicos, sondas espaciales, telescopios espaciales, aceleradores de partículas, archivos científicos históricos,... Todo relativamente cerca, con unas calidades sorprendentes, posibilitando el análisis de las nuevas maneras de ver la realidad construida a través de unos modernos dispositivos tecnológicos que amplían los límites de nuestra percepción visual.

Cassini es una nave espacial que integra la sonda Huygens, que fue lanzada al espacio en 1997 en una misión conjunta de la NASA, la ESA y la ASI, con el objetivo de estudiar Saturno, sus anillos y sus lunas, para lo cual lleva dos cámaras, una gran angular y otra con teleobjetivo, ambas ajustadas con casi dos docenas de filtros que abarcan longitudes de onda desde el ultravioleta hasta el infrarrojo.

Ruff se descarga de la red, en esta dirección <http://saturn.jpl.nasa.gov/photos/raw/index.cfm> , imágenes de Cassini-Huygens en un formato Raw de alta calidad para poder manipularlas sin pérdida de información. La saturación del color, la alteración del encuadre y la ampliación a tamaños muy grandes, llevando la imagen al límite de la pixelación, ubican estas

imágenes en el terreno del arte, cuestionado la realidad capturada por las sondas espaciales en su aventura por el cosmos; “a que todo ello bordee lo ficcional, ¿acaso deslegitima en un mundo como el nuestro, él mismo, pura ficción?”⁵³⁴.



500. Thomas Ruff, *Cassini*, 2008

Continuando con este proceso de trabajo, Ruff ha desarrollado últimamente una nueva serie denominada *ma.r.s* (2010-2011), acrónimo de *mars reconnaissance Orbyter* (sonda de reconocimiento de marte), en la cual ha pasado de las estrellas y los cuerpos celestes que se mueven en el espacio a la superficie del planeta más cercano a la Tierra. Transforma los fragmentos capturados en blanco y negro del suelo marciano en imágenes coloreadas y modifica la perspectiva, en una aproximación a los paisajes reales del planeta que aparentemente resultan familiares, con la intención que el espectador tenga

⁵³⁴ Calvo Serraller, Francisco. *La mirada perdida. Thomas Ruff ma.r.s*. Catálogo exposición CAC Málaga. 2001. Pág.17.

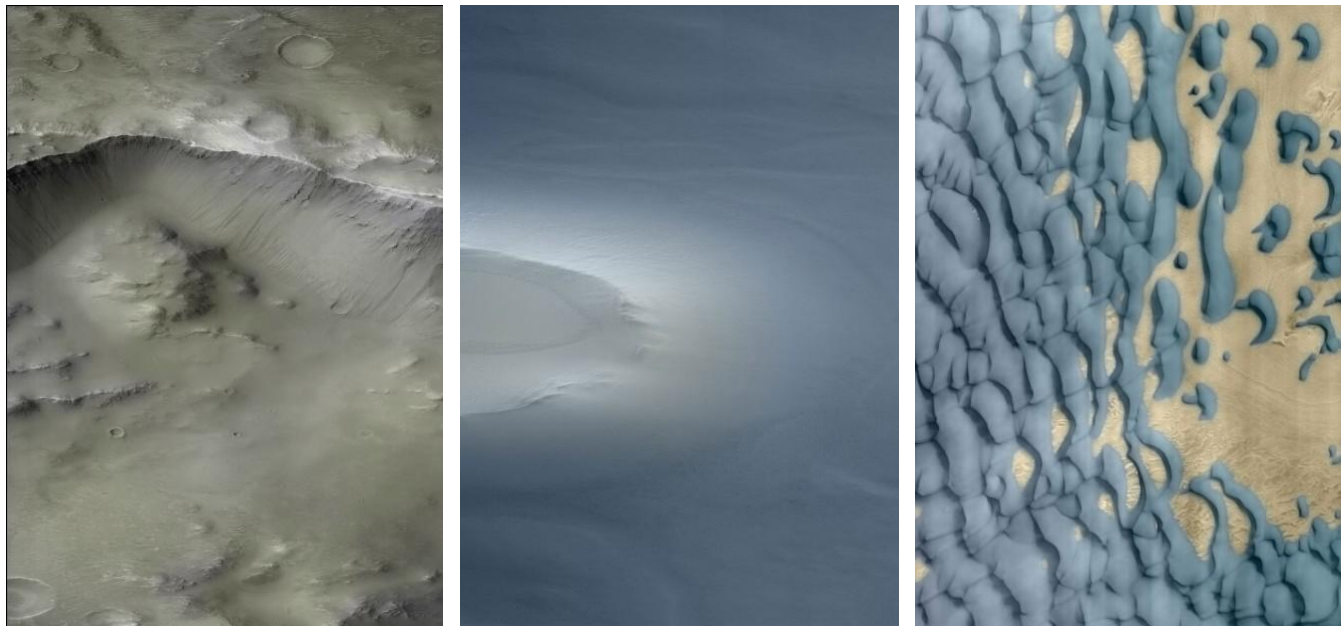
la sensación de observar la superficie marciana tal y como observa la superficie de la Tierra desde un vuelo comercial entre dos ciudades. Esta percepción equivaldría a la visión que disfrutarían, en un futuro próximo, los astronautas pioneros en la exploración de un planeta del Sistema Solar. Las imágenes son descargadas del enlace <http://mars.jpl.nasa.gov/mro> , donde en la actualidad también se pueden encontrar imágenes de la nueva misión al planeta rojo llevada a cabo por el robot de última generación *Mars Rover Curiosity*.

La realización de estas series conlleva al autor un proceso largo y laborioso que es explicado sencillamente por el historiador del arte Francisco Calvo Serraller:

“Como ocurre con cualquiera de estas series dedicadas al tema del espacio cósmico, Ruff, en primer término ha de filtrar un material ingente, al que hay que asomarse con cierta competencia para poder discriminar y, por tanto, interpretar lo que se está viendo a través de las imágenes captadas. En segundo lugar, es un material que hay que procesar visual y narrativamente; esto es: enfocar la mirada de otros hacia determinados parajes, lo cual exige un tratamiento, pero, asimismo, una lectura, lo cual, a su vez, supone una desviación dramatizada del espacio y del tiempo, en la medida en que se modifica la perspectiva y se penetra en el reino de lo virtual. En tercer lugar- y como consecuencia del punto anterior-, Ruff

*se reserva lo que podríamos llamar su peculiar coup de pinceau, su toque pictórico, que no es nunca una simple pigmentación del positivo, como quien colorea una fotografía, aunque al artista alemán le gusta promover el lado equívoco en todo lo que hace*⁵³⁵.

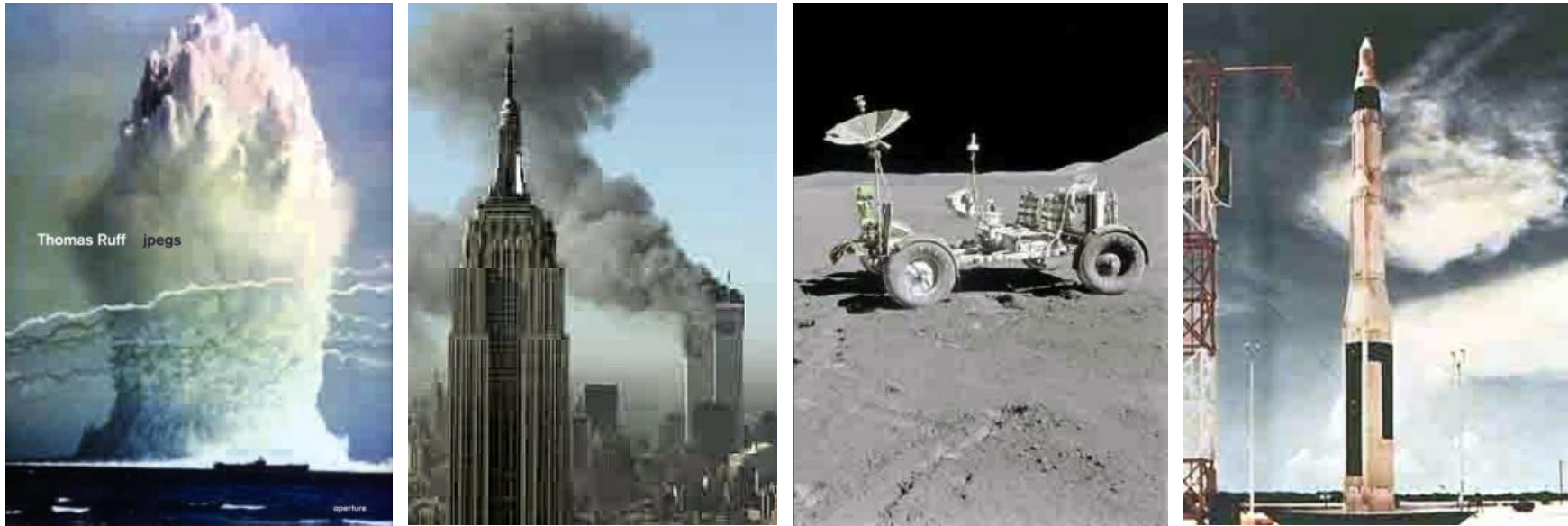
Este proceso es muy similar a las series centrales propuestas en esta investigación; no obstante, existen algunas diferencias al dar por mi parte una gran relevancia al proceso de captura, distribución y construcción de la imagen científica y los vínculos existentes en las nuevas propuestas de la posmodernidad.



501-502-503. Thomas Ruff. *ma.r.s.*, (2010-2011)

⁵³⁵ Calvo Serraller, Francisco. Op Cit. Pág.19

En su serie *jpegs* (2004-2010) Ruff utiliza imágenes que proceden de diferentes fuentes: de internet, de su cámara digital, del escáner,... y que tienen en común la intención de representar un atlas mediático contemporáneo. Para ello utiliza imágenes que muestran acontecimientos que han tenido lugar recientemente: guerras, atentados, desastres naturales, hechos científicos y tecnológicos, y lugares de referencia en la historia contemporánea, así como paisajes idílicos o arquitecturas famosas. La noción de ruina y desastre se mezcla con la espectacularidad de los mensajes, extraídos de un inmenso archivo de imágenes de los medios de comunicación. Todas digitalizadas en formato JPEG (*Joint Photographic Experts Group*, Grupo Conjunto de Expertos en Fotografía), que es un estándar de compresión de archivos digitales de imágenes fijas que permite reducir el tamaño de los archivos de imagen utilizando un algoritmo de compresión que implica una pérdida de información con la consiguiente disminución de la calidad en la imagen y la cantidad de bytes en el almacenamiento y la difusión a través de la red. Estas características dan lugar a imágenes que son adecuadas para su visionado en la pantalla del ordenador, al tener éstas casi siempre resoluciones inferiores a las resoluciones de las imágenes comprimidas, pero al carecer de la mayoría de la información original las hace inadecuadas para la ampliación a grandes tamaños. Thomas Ruff realizará en esta serie ampliaciones enormes en comparación con el tamaño del archivo, obteniendo como resultado una estructura cuadrangular a modo de mosaico que configura las imágenes digitales, comprimidas o no, y representa la pixelación de la imagen, mostrando su escasa información, que deviene en abstracción cuando se observa a distancias cortas. La imagen solo se aprecia con la distancia, del mismo modo que los cuadros puntillistas o el divisionismo de Seurat, en una reflexión contemporánea acerca de la percepción de las imágenes y como metáfora de la pérdida de información, que llega al consumidor de las imágenes, gracias a la distorsión y la manipulación de los medios de comunicación contemporáneos.

504-505-506-507.Thomas Ruff, *jpegs* (2004-2010)

En esta serie aparecen cohetes y acontecimientos espaciales, dando protagonismo al desarrollo tecnológico, en concreto a la máquina. Ruff rindió homenaje a las máquinas en su trabajo *Maschinen* (2003), donde muestra máquinas industriales y las herramientas que fabrican: cortadoras, tornos o brocas de taladros, todas clásicas, mecánicas, analógicas, en contraposición con la industria electrónica de nuestro tiempo que desemboca en una digitalización de la señal que permite su rápida difusión, otorgándole el don de la ubicuidad.

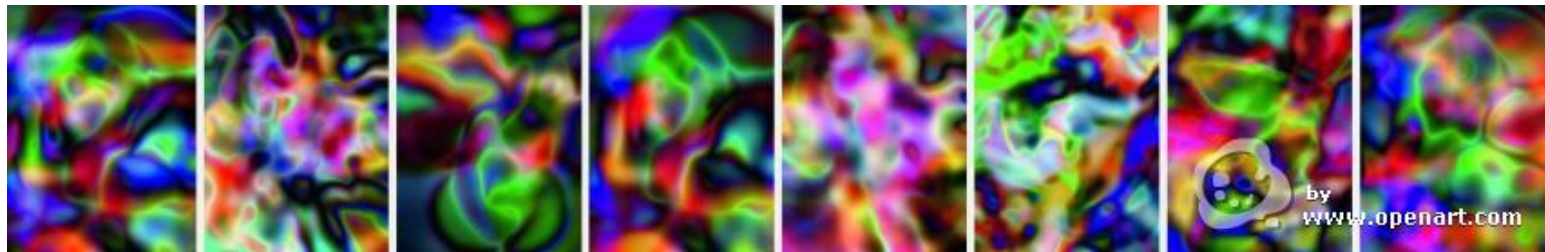
Ruff relaciona el proceso de imagen analógica-imagen digital llevando a cabo una reflexión que también traslada a la máquina fotográfica en series como *Stereofotos* (1994) o *Nächte* (1992-1996), donde muestra áreas residenciales a través de cámaras de visión nocturna vinculadas con la tecnología militar que las confiere un aspecto inquietante y siniestro, en

contraposición a la serie *Substrat* (2001), en la cual la colorida abstracción proviene de la distorsión de información obtenida a través de la red, en concreto de la utilización y manipulación de cómics manga japoneses.



508-509-510. Thomas Ruff, *Maschinen*, 2003

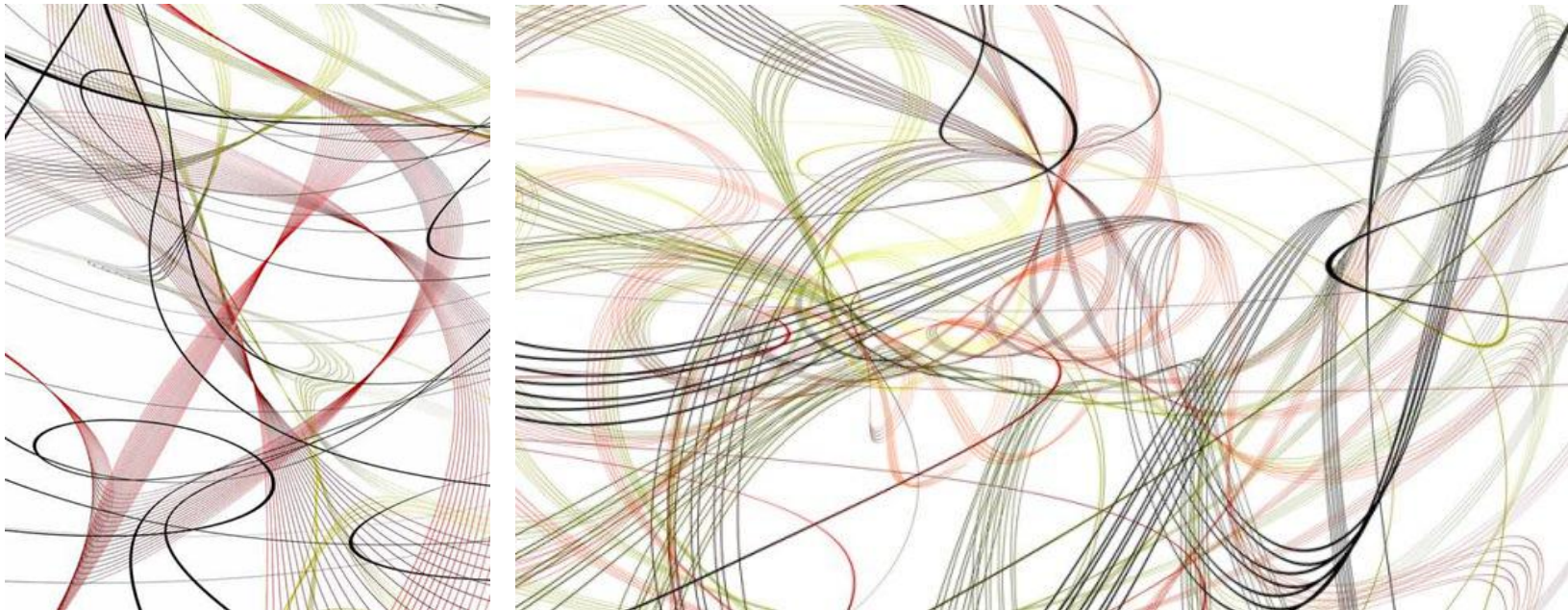
511. Thomas Ruff. *Nächte*, 1994



512. Thomas Ruff, *Substrat*, 2001

Finaliza con la serie *Zycles* (2008, donde Ruff se inspira en la teoría del campo electromagnético desarrollada por científicos del siglo XIX como Christian Oersted, Michael Faraday, Heinrich Hertz, Ampere, Thomson, Gauss y en concreto James Clerk Maxwell, que desarrolló la expresión matemática del comportamiento del campo electromagnético en un conjunto

de ecuaciones en derivadas parciales, que relacionan los vectores de campo eléctrico y magnético con sus fuentes materiales, denominadas Ecuaciones de Maxwell. Demostró con ello que el campo eléctrico y el campo magnético son uno solo: el campo electromagnético. Basándose en el libro *A Treatise on Electricity and Magnetism Tratado sobre electricidad y magnetismo*, publicado en 1873, y las representaciones del campo electromagnético que en él aparecen, Ruff exploró la posibilidad de representar las líneas de campo con un moderno software de representación de figuras tridimensionales que reproduce ecuaciones de algebra lineal, espacios vectoriales o ecuaciones diferenciales, dando como resultado complejas figuras lineales en 3D pero reproducidas en superficies bidimensionales que recuerdan a dibujos lineales abstractos o señales sinusoidales informales, vinculando así ámbitos del pensamiento como las matemáticas, la física y el arte.



513-514. Thomas Ruff Zycles, 2008

Ruff cuestiona el medio fotográfico y los entornos de recepción en el mundo contemporáneo, utilizando en ocasiones la lógica del *ready-made* que le funcionó muy bien a principios de siglo XX a Duchamp, explorando escenarios pertenecientes a la ciencia y manipulando los resultados con la intención de razonar acerca de las imágenes que desde la producción tecnológica actual se nos presentan.

8-15 ALGUNAS PROPUESTAS EN EL PANORAMA ARTÍSTICO ESPAÑOL

8-15-1 Arte, ciencia y naturaleza. La obra de Joan Fontcuberta, investigaciones y procesos en un intercambio dialéctico entre el arte y la ciencia en el mundo contemporáneo.

*“Me alinee con los que creen que arte y ciencia
no representan sino enfoques dialécticos de un
proceso creativo tendente, en ocasiones
manifestando una gran convergencia, a aventurarnos
en la experiencia del mundo”⁵³⁶*

Desde su nacimiento la fotografía aparece como “*el espejo con memoria*”⁵³⁷ mostrándonos la realidad de las cosas y de los acontecimientos exactamente igual a como ocurren o sucedieron, ya que la veracidad y la memoria son dos de los atributos iniciales otorgados al medio; no obstante, de la misma manera y un año después de su presentación oficial en la Academia de Ciencias de París, la fotografía demuestra su poder para el engaño en una imagen realizada por Hippolyte Bayard, al ver eclipsado su proceso de obtención de imágenes por el daguerrotipo, y en la cual se puede leer “*El cadáver del señor que ven ustedes es el del señor Bayard [...] La Academia, el Rey y todos aquellos que han visto sus imágenes las han admirado, igual que vosotros. La admiración le reportó prestigio, pero no le dio un céntimo. El Gobierno, que tanto dio a Daguerre, dijo que nada en absoluto podría hacer por Bayard, y el infortunado decidió ahogarse.*”⁵³⁸

⁵³⁶ Fontcuberta, Joan. *Ciencia y fricción. Fotografía, naturaleza, artefacto*. Colección “Palabras de arte”. Mestizo. Murcia 1998. Pág. 139

⁵³⁷ Wendell Holmes, Oliver. “Sun- Painting and sun Sculpture” en *Atlantic Monthly*, vol. III. 1861. Pág 13. En Newhall, Beaumont. *Op. Cit.* Pág. 27

⁵³⁸ Citado por B. Newhall. *Op. Cit.* Pág. 25; Lo Duca, Bayard, París, ed. Prisma. 1943

Una gran parte de la obra del artista catalán Joan Fontcuberta indaga y cuestiona la verdadera naturaleza del documento fotográfico como medio de difusión de la verdad y del conocimiento de hechos y acontecimientos ocurridos en distintos ámbitos. Uno de estos campos es el científico, ya que su método empírico y la aceptación universal de sus teorías como única forma de entender la realidad hace incuestionable cualquiera de sus descubrimientos.

Del mismo modo que cuestiona la fotografía como medio de comunicación y transmisión de la verdad, Fontcuberta cuestiona el papel de la ciencia en la sociedad contemporánea, ¿realmente los discursos científicos son incuestionables?

En la sociedad contemporánea los nuevos descubrimientos científicos y la revolución tecnológica han cambiado nuestra manera de ver y de vivir el mundo; ciencia y tecnología van paralelas “*por ello algunos especialistas hablan ya de unificar los dos campos, ciencia y tecnología, y denominarlos tecnociencia*”⁵³⁹. El impacto y el poder de la *tecnociencia* en la sociedad y la imposibilidad de conocer en profundidad todas las disciplinas abarcadas, desde la ingeniería genética a la computación cuántica y el teletransporte cuántico, hacen que muchos de los descubrimientos se den por indiscutibles, principalmente por desconocimiento en la materia en cuestión, y creamos fenómenos como el ocurrido con el investigador de la Universidad de Seúl Hwang Woo-suk ; el veterinario coreano publicó, en la prestigiosa revista *Science*, datos que suscitaban la esperanza de poder utilizar células madre embrionarias, compatibles con el paciente, para regenerar tejidos en caso de diversas enfermedades. Falsificó todos los experimentos con células madre embrionarias humanas manteniendo engañada a la comunidad científica durante los años 2004 y 2005, finalmente fue descubierto.

⁵³⁹ Barcelò Miquel. *La revolución de las infotecnologías*. Citado en VV.AA. *10 impactos de la ciencia del siglo XX*. Joaquín Pla i Brunet (compilador). Fondo de Cultura Económica. Madrid 2003. Págs. 241-242.

Los artículos publicados en *Sciece* dieron legitimación y credibilidad a sus experimentos durante dos años; sin embargo, en la ciencia es imprescindible la comprobación de los resultados, y la forma objetiva de comprobarlo es la repetición de los mismos por otros investigadores, en otros lugares, para tener la certeza de que son ciertos. *“A diferencia de cualquier otra actividad, lo que hace el científico será comprobado antes o después por alguien, así que uno no debe arriesgarse a decir algo que esté equivocado aunque sea muy bonito”*⁵⁴⁰ nos recuerda el físico y filósofo de la ciencia Gerald Holton. Evidentemente, otros investigadores comprobaron y descubrieron errores en los datos presentados por Hwang Woo-suk. En la Universidad de Seúl se formó una comisión para investigar los resultados presentados por el científico, una de las conclusiones a la que llegaron fue la manipulación de las fotografías de las células madre presentadas en el estudio llevado a cabo por el investigador en 2004.

La manipulación fotográfica utilizando aplicaciones informáticas es una tentación de la era digital, anteriormente era un poco más difícil el procedimiento aunque, de igual forma, se podría llevar a cabo. Suelen ser pocos los científicos que son tentados, sin embargo algunos caen seducidos por la tecnología como Hwang Woo-suk. De todas formas siempre que existe una manipulación digital queda alguna señal que siempre puede ser detectada por la computadora y desenmascarar el fraude. El problema está en la credibilidad que aún se le otorga al medio fotográfico, llegando a situaciones como la anteriormente expuesta.

⁵⁴⁰ Entrevista a Gerald Holton por Alicia Rivera en el diario El País 1- 11- 2006

Fontcuberta, inteligentemente, expone su desconfianza en el medio a través de sus obras; sus proyectos artísticos *Herbarium* y *Fauna* “inciden especialmente en la fotografía para socavar la autoridad de la cultura tecnocientífica de la que la cámara constituye uno de sus pilares en tanto que máquina de visión, es decir, generadora de conocimiento y de consciencia”⁵⁴¹.

El proyecto expositivo *Herbarium* rinde homenaje a Karl Blossfeldt (1865-1932), profesor de escultura y de forja artística incluido dentro de una corriente fotográfica surgida en Alemania, en el periodo de entreguerras, y denominada *Nueva Objetividad* (*Neue Sachlichkeit*).

Blossfeldt realizó, con el propósito de utilizar como modelos y sugestionar a sus alumnos en la forja y la talla, una gran cantidad de macrofotografías de plantas seducido por las formas ornamentales que exhibían. “*Eran naturales, pero a la vez aparecían en las fotografías como esculturas de hierro forjado creadas por la propia naturaleza*”⁵⁴², muy afines al ya lejano Art Nouveau que tenía como referencia en su formación como escultor. Paradójicamente “*logró mediante sus libros *Urformen der Kunst* (1928) y *Wundergarten der Natur* (1932) una sistematización rigurosa de documentación científica y botánica*”⁵⁴³ consagrándole como uno de los fotógrafos más destacados de la *Nueva Objetividad* y fuente de inspiración para fotógrafos contemporáneos, como el matrimonio Becher y los miembros más destacados de su escuela Ruff, Höfer, Hütte, Struth y Gursky. Sus fotografías, realizadas con cámaras técnicas, tienen un tratamiento estético donde la propia idiosincrasia del medio tiene un peso importante. Frontalidad en la toma respecto al objeto fotografiado, máxima profundidad de campo y nitidez, fondos neutros e intención exclusivamente objetiva son las características más importantes de esta corriente.

⁵⁴¹ Fontcuberta, Joan. Op Cit. 1998. Pág. 25

⁵⁴² Jeffrey, Ian. *La fotografía*. Ediciones Destino. 1999. Pág. 177

⁵⁴³ Fontcuberta, Joan. *Contranatura*. Catalogo exposición MUA. Museo Universidad de Alicante. Alicante 2001. Pág. 22

Con la única intención de mostrar las sorprendentes formas creadas por la naturaleza en las plantas, Blossfeldt reunió una importante colección de flores, hojas, tallos y brotes, donde los procedimientos eran siempre los mismos: aislamiento total de su entorno del objeto a fotografiar, máxima definición de los detalles y formas, fondos neutros para destacar implacablemente el objeto y sus formas, ningún tipo de manipulación en el negativo ni en la copia; deseaba realizar las mismas figuras forjándolas en barrotes de hierro y para ello necesitaba una muestra fidedigna del motivo.

Esta propuesta totalmente funcional, alejada del pictorialismo fotográfico dominante, le vinculó a las propuestas estéticas de la fotografía directa (*Straight Photography*), promovida en Estados Unidos por Alfred Stieglitz (1864-1946), a principios del siglo XX, con la intención de romper con la corriente pictorialista y conseguir una fotografía pura, libre de manipulaciones y apartada totalmente de la influencia que la pintura ejercía sobre la fotografía.

En 1928, el marchante de arte Karl Nirendorf publicó *Urformen der Kunst*, revelándose así la obra de Blossfeldt como pionera de la estética incipiente de la *Nueva Objetividad (Neue Sachlichkeit)* y “como pruebas de que la construcción técnica moderna y la identidad de función y adorno tenían un fundamento en la naturaleza”⁵⁴⁴

Joan Fontcuberta, entre 1982-1984 y dentro de las propuestas de la corriente postmoderna, desarrolla su proyecto desde una perspectiva irónica y radical, realizando una vuelta conceptual de 180º a la obra presentada en su momento por Blossfeldt.

Fontcuberta construye, realizando diminutos *assemblages* dadaístas, unas pseudopantas formadas a base de una combinación de materiales industriales y desechos orgánicos: huesos, plantas secas, plásticos, etc. atribuyéndose “simbólicamente así el papel de diseñador genético que recrea especies acordes a un paisaje definido por una naturaleza

⁵⁴⁴ Foster, Hal. Arte desde 1900. Editorial Akal. Madrid.2006. Pág. 235

*artificial*⁵⁴⁵; una naturaleza alejada de la idea de compatibilizar naturaleza y modernidad donde *“triunfa la belleza y dignidad de la naturaleza creadora”*⁵⁴⁶. La naturaleza contemporánea está más cercana a la idea de intervención y simulacro, la naturaleza como construcción de una realidad mediática de múltiples aristas

*“el cuadro del mundo que se
presenta a la gente no tiene la más mínima
relación con la realidad, ya que la verdad
sobre cada asunto queda enterrada bajo
montañas de mentiras”*⁵⁴⁷;

los medios de comunicación contemporáneos se encargan de construir la imagen que queremos ver, *“han provocado la corrupción de la experiencia directa del mundo”*⁵⁴⁸ construyendo una realidad paralela que en el caso más dispar y extremo nos llevaría a *“creer que algún día seríamos millonarios, dioses del cine o estrellas de rock”*⁵⁴⁹ como hizo creer la televisión a Tyler Durden.

Fontcuberta afina más, consiguiendo confundir a más de uno; debido principalmente a la falta de conocimientos en el tema desarrollado por el artista y la precaria educación del observador en los lenguajes y formatos utilizados por los medios de comunicación. Su intención es hacer reflexionar y cuestionarse los medios; en el caso de *Herbarium*, el fotográfico.

⁵⁴⁵ Fontcuberta, Joan. *Op. Cit.* 2001. Pág. 22.

⁵⁴⁶ Citado por Cuauhtémoc Medina en Prototipos y últimos modelos: Blossfeldt y Fontcuberta. *Ciencia y Fricción. Fotografía, naturaleza, artificio.* Colección “Palabras de arte”. Mestizo. Murcia 1998. Pág. 71

⁵⁴⁷ Chomsky, Noam. *El control de los medios de comunicación* 1993, en *Como nos venden la moto.* Icaria. Barcelona 1995. Pág. 30.

⁵⁴⁸ Fontcuberta, Joan. *Op Cit.* 1998. Pág. 19.

⁵⁴⁹ Palahniuk, Chuck. *El club de la lucha.* El Aleph editores. Barcelona 1999. Citado en la Película *Fight Club El club de la lucha* U.S.A. 1999 Director David Fincher.



515. Fontcuberta, *Herbarium. Giliandria Escolifercia*, 1984 516. Fontcuberta, *Herbarium Braodhypoda Frustrata*. 1984

La fotografía documental siempre he tenido como principal atributo mostrar la realidad de lo que ocurre; Fontcuberta muestra en su proyecto la realidad construida de unas esculturas efímeras, con cierto parecido a las formas vegetales presentadas y documentadas por Blossfeldt, en un modelo científico de clasificación, catalogación y ordenación de la naturaleza y los fenómenos naturales que por vez primera utilizó, en 1843, Anna Atkins (1799-1871) con la técnica de la cianotipia⁵⁵⁰

⁵⁵⁰ Procedimiento ideado en 1842 por Sir John Herschell . La emulsión tiene dos sales de hierro: Citrato férrico amoniacal y ferricianuro de potasio. Cuando las sales férricas y el ferricianuro se exponen a la luz se reducen a sales ferrosas y a ferrocianuro formándose una imagen de color azul compuesta por ferrocianuro ferroso. Anna Atkins utilizó las emulsiones para la realización de fotogramas utilizando las plantas como modelo por contacto directo.

realizando dos herbarios *British Algae: Cyanotype Impressions* (1843-1853) y *British and Foreign Flowering Plants and Ferns* (1854).

El medio fotográfico es el encargado de transformar esas esculturas con apariencia vegetal en fragmentos de plantas con una apariencia totalmente verosímil, “la fotografía sirve para hacer pasar ilusoriamente como verosímiles las hibridaciones más insólitas”⁵⁵¹. Fontcuberta y Blossfeldt se sirven por igual del medio fotográfico para transformar la realidad, mientras uno hace creer sus montajes como verdaderas plantas, el otro utiliza las fotografías de las plantas verdaderas para realizar sus propios montajes escultóricos en la fragua; y los dos utilizan como forma de presentación un formato vinculado a la clasificación y ordenación de los datos de las disciplinas científicas, en este caso de la botánica.

Ninguno de los dos decide realizar una recopilación sistemática, con una intención de clasificación científica como la llevada a cabo por Anna Atkins, por vez primera, con un medio fotográfico. Sin embargo los dos presentan su obra como si de una clasificación científica se tratara, ya que esta forma de mostrar los resultados da una categoría y trascendencia mayor, así como una total credibilidad a la obra y a lo que en ella se expone, al vincularla directamente con unas formas y un lenguaje científico. Aunque la intención de Fontcuberta es “desautorizar cualquier confianza acrítica, desacreditar la representación que se pretenda objetiva y negar la posibilidad de una información”⁵⁵², cuestionando uno de los atributos que más definen al hecho fotográfico, su intención de mostrar cualquier hecho o acontecimiento real mostrando así “el conflicto entre realidad y ficción, o

⁵⁵¹Fontcuberta, Joan .*Contranatura*. Catalogo exposición MUA. Museo Universidad de Alicante. Alicante 2001.Pág. 22

⁵⁵² Fontcuberta, Joan.*Op. Cit.* 2001. Pág. 23

entre verdad y artificio, con que las tecnologías de la información contaminan nuestra experiencia⁵⁵³ y parodiando la retórica de la presentación de los documentos científicos apoyados por el medio fotográfico como muestra de su autenticidad.



517. Fontcuberta, *Herbarium .Guillumeta Polymorpha*, 1982

⁵⁵³ Fontcuberta, Joan. *La fotografía en España de los orígenes al siglo XXI*. Summa Artis. Historia General del Arte. Volumen XLVII Editorial Espasa Calpe. Madrid 2001. Pág. 453

En el siguiente proyecto, titulado *Fauna* y realizado en colaboración con Pere Formiguera, recientemente fallecido, como escritor, y con un taxidermista, Fontcuberta lleva su razonamiento un poco más lejos, incidiendo “*críticamente sobre la supuesta autoridad institucional del museo, que en su condición de santuario del saber llega a arrogarse el ministerio en exclusiva de la verdad*”⁵⁵⁴. Cuestionando, no solo la documentación presentada como prueba evidente del descubrimiento científico (*Herbarium*), además rebate la autoridad científica de los museos, creando dudas de la autenticidad de lo allí expuesto. Los artistas se proponen, nada menos, que dismantelar los procesos de producción y transmisión de conocimiento; para lo cual inventan una historia fantástica y brillantemente documentada con la intención de presentarla en instituciones encargadas de divulgar el conocimiento. La historia comienza de la siguiente manera:

“*Peter Ameisenhaufen nació en Munich en el año 1895. Su padre fue Wilhem Ameisenhaufen (Dortmund 1860 – Dar – es – Salam 1914). Su madre, Julia may (Dublín 1873 – Munich 1895), era concertista y maestra de piano. Los padres de Peter Ameisenhaufen se conocieron en un safari por el cráter de Ngoro- Ngoro...*”⁵⁵⁵

Como se puede apreciar empieza como una historia en toda regla y evidentemente, continúa relatando la vida del naturalista junto a su hermana Elke y su tía María que los cuidaba. La madre de Peter había muerto al poco de nacer él y su hermana Elke había sido fruto de una relación posterior. Su formación de Doctor en Biología y Medicina le llevo a investigar especies raras de animales por toda la geografía terrestre junto con su ayudante de laboratorio Hans von Kubert, obteniendo

⁵⁵⁴ Fontcuberta, Joan. *El Beso de Judas. Fotografía y verdad*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona. 1997. Pág. 131.

⁵⁵⁵ Fontcuberta, Joan. Formiguera, Pere. *Fauna*. Photovision. Sevilla 1999. Reedición del catálogo de la exposición realizada por Fontcuberta y Formiguera en el año 1987.

una gran cantidad de material fruto de sus increíbles descubrimientos. Parte de él se perdió a causa de un incendio en su vivienda, sin embargo, su compañera Helen salvo una parte que, treinta y dos años después de la muerte del Doctor Ameisenhaufen, en 1987, han descubierto los investigadores Joan Fontcuberta y Pere Formiguera.

Fontcuberta y Formiguera se distancian de la autoría del proyecto “*tal vez con el impacto del postestructuralismo y las teorías sobre la muerte del autor*”⁵⁵⁶ es lo que les lleva a presentarse “*como las personas que fortuitamente encuentran el archivo y lo ponen a disposición del público*”⁵⁵⁷. De cualquier modo, este distanciamiento otorga mayor credibilidad al proyecto y lo desvincula, inicialmente, del propósito artístico final.

El hecho de ser los descubridores, y el posterior análisis del fantástico material encontrado, les lleva a especular la posibilidad de la intervención del hombre en la creación de esos asombrosos animales; ya sea por medio de la alteración genética, por la acción de los contaminantes industriales o por una exposición a radiaciones de muy alta frecuencia producidas en algunas reacciones nucleares. Sin embargo, queda también abierta la posibilidad de la adaptación al medio y evolución natural, otorgándose así el título de descubridores unas nuevas especies en la fauna terrestre, con unas asombrosas características y que habían permanecido ocultas durante siglos a los zoólogos.

⁵⁵⁶ Fontcuberta, Joan. *Conversaciones con fotógrafos. Joan Fontcuberta habla con Cristina Zelich*. La Fábrica y Fundación telefónica. Madrid. 2001. Pág. 83

⁵⁵⁷ *Op.Cit* Pág. 83

Desde un punto de vista más fantástico el proyecto descubre los bestiarios y la mitología fantástica procedentes del mundo grecorromano, bizantino y persa, popularizados en el Medioevo difundiendo la existencia de animales fantásticos como dragones, unicornios, sirenas,...⁵⁵⁸

Fontcuberta y Formiguera presentan animales fantásticos en un contexto contemporáneo sin embargo la retórica expositiva pertenece a los museos de ciencias naturales decimonónicos, haciendo uso de los métodos de documentación de la época: fichas zoológicas, dibujos anatómicos y anotaciones en los cuadernos de campo, mapas, restos óseos y biológicos, así como animales disecados e instrumental de laboratorio. A esta documentación se le añade otra en nuevos soportes más modernos: fotografías, radiografías y registros sonoros, ya que la documentación mostrada está fechada entre los años 30 y 40 del siglo XX. Todo ello acompañado de un material bibliográfico y personal que ayuda a configurar una historia totalmente verídica.

⁵⁵⁸ El primer bestiario llamado Physiologus (El Fisiólogo) es un listado de descripciones de animales, criaturas fantásticas, rocas y plantas donde se muestran, además, sentencias morales y cualidades simbólicas de los animales allí presentes. Este bestiario era una compilación de la sabiduría de autores clásicos como Aristóteles, Herodoto, Plinio el Viejo, entre otros naturalistas. Compilado en Alejandría por un autor anónimo hacia el siglo II d.C. aproximadamente, en el siglo V fue traducido del latín y en el medioevo estuvo considerado como un tratado científico de historia natural convirtiéndose en “uno de los libros más difundidos y leídos de la Edad Media después de la Biblia, cuya amplia fundamentación se verifica en los escritos de los Padres de la Iglesia, desde Tertuliano hasta San Ambrosio y San Agustín. Por sus características es, sin lugar a dudas, una de las obras más significativas de la simbología cristiana”. Citado en *Antología del latín cristiano y medieval: introducción y textos*. Martínez Gázquez, José y Florio, Ruben. Cordinadores. EdinUS. Universidad Nacional del Sur 2006. Pág. 183.

Con la evolución de la ciencia, en el renacimiento se tomaron como textos pseudocientíficos, si bien, artistas e investigadores como Leonardo crearon su propio bestiario destacando su aspecto medieval en las alegorías que proponen más que en el análisis científico. En la actualidad algunos autores como Borges o Cortazar han realizado sus bestiarios inscritos en el género de lo fantástico y donde los mundos real e imaginario se entrelazan.



518. Fontcuberta y Formiguera. Instalación *Fauna. Threschelonia Atis*. 1987

El proyecto supera los límites de la exposición fotográfica configurando una gran instalación pluridisciplinar dentro de un contexto que, en el caso de los Museos de Ciencias Naturales dialoga perfectamente; dando una legitimación total a lo allí expuesto. Esas nuevas y extrañas especies abren la puerta a la especulación, la duda y la imaginación, haciéndonos reflexionar

no solo sobre la validez del discurso científico y su apoyo en los medios que utiliza, en este caso concreto sobre el que más se definen los autores el fotográfico; sino también “*nos hace dudar de nuestra capacidad para imaginar los límites de lo posible*.”⁵⁵⁹

La evolución natural nos presenta una realidad biológica a la cual estamos acostumbrados, no obstante, si cambiaran las condiciones ambientales: cambio climático, radiaciones, contaminantes químicos; o se siguiera manipulando el componente genético: ingeniería genética y biotecnología, etc; tendríamos una evolución condicionada y especulativa que llevaría a las especies actuales a unos nuevos modelos y formas evolutivas que nadie podría imaginar. Mirando atrás podemos asombrarnos con noticias como “*el análisis molecular de una proteína ha confirmado que los dinosaurios tienen sus descendientes más directos en la aves, y que las gallinas y los avestruces están en el mismo árbol evolutivo que los tiranosaurios*”⁵⁶⁰. Es asombroso que en la misma tierra que habitamos vivieran hace aproximadamente 200 millones de años estos formidables reptiles, o animales tan extraordinarios extinguidos hace relativamente poco como el Tigre de Tasmania (*Thylacinus Cynocephalus*) o el Mammuts extinguido hace unos 3.600 años. En realidad “*lo existente es una pequeña parte de lo posible*”⁵⁶¹ y el arte está totalmente abierto a la imaginación y la fabulación para mostrar realidades ocultas, generando dudas e incertidumbres. Si bien, la ciencia requiere igualmente imaginación, aunque distinta; cualquier hipótesis se tendrá que verificar por el método científico, donde los resultados se analizan para llegar a una conclusión que puede dar como cierta o como falsa la hipótesis inicial.

⁵⁵⁹ Alberch, Pere. *La documentación de la irrealidad*. En el catalogo de la exposición *Fauna Secreta* de Pere Formiguera y Joan Fontcuberta. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Fundació Caixa de Catalunya. CSIC. Madrid. 1989 Pág.5.

⁵⁶⁰ Diario El Mundo. Ciencias, Rosa Mª Tristan. 25- 4 – 2008.

⁵⁶¹ Alberch, Pere. *Op.Cit.* Pag 5

⁵⁶¹ Citando a François Jacob. Pág. 4

Evidentemente, cualquier persona con una formación científica, al analizar resultados se dará cuenta que “*esta reunión de criaturas monstruosas puede dividirse en tres partes bien desiguales: criaturas basadas en el mito, criaturas basadas en la deformación de una sola forma animal y criaturas producidas por la hibridación imaginativa de formas que jamás podrían combinarse en la naturaleza*”⁵⁶². Con todo conectan directamente con nuestras dudas y miedos ancestrales, desviando nuestra atención hacia ese lado oscuro de la ciencia, una suerte de alquimia desconocida donde se sobrepasan los límites establecidos dando lugar al “sueño de la razón”, a la esquizofrenia de alguna de las aplicaciones científicas que generan monstruos: armas químicas (gas sarín, gas mostaza, cianuro de hidrógeno,...); armas biológicas (bacterias, virus y toxinas); armas nucleares (bomba de fisión, bomba termonuclear,...); manipulaciones genéticas... Monstruos elaborados directamente por el hombre y producidos indirectamente a causa del impacto que generan estas prácticas en los seres vivos.

Fontcuberta y Formiguera están influidos por Borges y su *Manual de zoología fantástica* y por H.G. Wells y su libro, escrito en 1898, *La isla del doctor Moreau*. Presentando un proyecto constructivo a medio camino entre la fantasía y la realidad. Una realidad manifiesta que ocurre a través de la manipulación de los medios y las instituciones; así como en las propuestas científicas que no han sido verificadas y aprobadas tal como especificaba Feynman “*la prueba de todo conocimiento es el experimento*”⁵⁶³ puntualizando “*si no concuerda con el experimento, es falso*”⁵⁶⁴.

⁵⁶² Ritvo, Harriet *Historia natural e historia innatural. Ciencia y Fricción. Fotografía, naturaleza, artificio*. Colección “Palabras de arte”. Mestizo. Murcia 1998. Pág. 130.

⁵⁶³ Feynman, Richard. *Seis piezas fáciles*. Editorial Crítica. Barcelona 1998.pág. 32.

⁵⁶⁴ Feynman, Richard citado por John Gribbin en *Introducción a la ciencia*. Editorial Crítica. Barcelona 2000.pág. 14.

La fantasía alude al imaginario contemporáneo producido principalmente por los descubrimientos científicos, los avances tecnológicos y el desconocimiento de una gran mayoría de las personas en los diferentes campos de la ciencia. Vivimos en una época donde la cantidad de información a nuestro alcance es tan abrumadora que paradójicamente nos vuelven más ignorantes, produciéndose un fenómeno parecido al ocurrido en el medioevo cuando los bestiarios eran tomados como una fantasía-real.



519. Fontcuberta y Formiguera. *Solenoglypha Polipodida*. *Fauna*. 1987

De los proyectos desarrollados en el terreno de la biología, como son la botánica y la zoología, Fontcuberta transita hacia el campo de la física y la tecnología, en concreto la astronomía y la ingeniería aeronáutica. Los proyectos realizados

dentro de estas disciplinas científicas se titulan *Constelaciones* y *Sputnik* y en ellos vuelve a cuestionar una vez más la veracidad del medio fotográfico.

Las imágenes que configuran el proyecto *Constelaciones* (1993) “*rinden tributo a la magnificencia del cosmos. Pero sobre todo nos invitan a la consideración especulativa de nuestra relación con las imágenes y con las cosas que representan*”⁵⁶⁵. Las copias que se disponen en la sala de exposiciones vienen acompañados de títulos que hacen referencia a la situación de las estrellas en el espacio; estas indicaciones técnicas contextualizan la obra en un discurso científico, otorgándola una valoración completamente real, de algo existente, objetivo y expuesto por la comunidad científica. La argumentación científica raramente es cuestionada, salvo por los propios científicos, con lo cual lo que en esas imágenes estamos observando es auténtico sin embargo, siempre pueden existir fisuras puestas de manifiesto por los científicos o los artistas cuestionando lo que en estas fotografías se representa. Cualquier astrofísico, astrónomo o aficionado a la astronomía se dará cuenta de que lo que se representa en estas imágenes no coincide con la realidad del Cosmos. Las estrellas no están establecidas en el espacio de la manera que Fontcuberta las presenta, la realidad representada en estas imágenes es de una naturaleza distinta vinculada más a la biología que a la astrofísica; las estrellas son en realidad insectos *estrellados* en el parabrisas de un coche, el del autor, durante un viaje por carretera en verano, las huellas de los aplastamientos contra el cristal se han transferido por contacto a un papel fotosensible (Cibachrome), dando como resultado unas imágenes ambiguas, ya que parecen estrellas pero realmente son insectos estrellados, que dan lugar a la especulación. “*El artista subvierte el atávico simbolismo de las estrellas como guías para el hombre extraviado, pero sobretudo, al indagar en la propia epistemología del*

⁵⁶⁵ Fontcuberta, Joan .*Contranatura*. Catálogo exposición MUA. Museo Universidad de Alicante. Alicante. 2001. Pág. 68.

término especular (que originalmente obedecía a la observación del movimiento de los astros con la ayuda de un espejo), nos aboca a la paradoja de que entender la imagen fotográfica como espejo de la realidad equivale a aceptarla como puro juego de conjeturas y fantasías”⁵⁶⁶.



520. J. Fontcuberta, *Constelaciones*, 1993

⁵⁶⁶Creixell, Anna Adell. “Engaños visuales, verdades simuladas” En revista Lápis 249. Publicaciones de estética y pensamiento. Madrid. 2009. Pág. 32.

Fontcuberta salta del Cosmos a la exploración del espacio con la realización de su proyecto *Sputnik* (1996-1997). En él continúa con el camino abierto por el cosmonauta soviético Yuri Gagarin, al realizar el 12 de Abril de 1961 el primer vuelo tripulado al espacio en la nave *Vostok 1*, presentándonos a su *camarada viajero*, el coronel Iván Istochnikov, el cual se embarca en una odisea espacial dentro del *Soyuz 2* acompañado de una perrita llamada Kloká.

La narración inventada por Fontcuberta comienza con un viaje en el cosmódromo de Baikonur un 25 de Octubre de 1968. La misión del coronel Iván Istochnikov es acoplarse a la nave *Soyuz 3*, pilotada por el cosmonauta Giorgi Beregovoi, al día siguiente del despegue; sin embargo, después de unos intentos de acoplamiento frustrados y la pérdida de comunicación entre las dos naves durante unas horas, una vez restablecida de nuevo la comunicación su compañero Giorgi Beregovoi descubre que Istochnikov había desaparecido sin dejar rastro. El Kremlin, con la intención de ocultar un nuevo desastre en su carrera espacial, declaró que el *Soyuz 2* no iba tripulado borrando toda huella de la existencia del *camarada viajero* Iván Istochnikov de documentos y fotografías, además de amenazar y extorsionar brutalmente a toda persona que lo conociera asegurándose el silencio de todos los testigos. Este suceso ha salido a la luz gracias a los cambios acontecidos en las Repúblicas Soviéticas en este fin de Siglo XX y ha sido divulgado por la Fundación Sputnik para la rehabilitación de la memoria histórica.

A partir de una serie de objetos y fotografías manipuladas digitalmente Fontcuberta vuelve a presentar una extraordinaria historia simulada con la intención de cuestionar el mensaje difundido por los medios de comunicación actuales, que se mueven ambiguamente entre hechos reales y ficticios, manipulando en determinadas ocasiones las imágenes para elaborar un mensaje engañoso.

De la misma manera que el proyecto *Fauna* vuelve a cuestionar la plataforma institucional donde se presenta el proyecto, dando así mayor verosimilitud a la historia y a las imágenes y objetos que la integran al estar instaladas en un contexto corporativo y de poder.



521-522. J. Fontcuberta. *Sputnik 1996-1997*

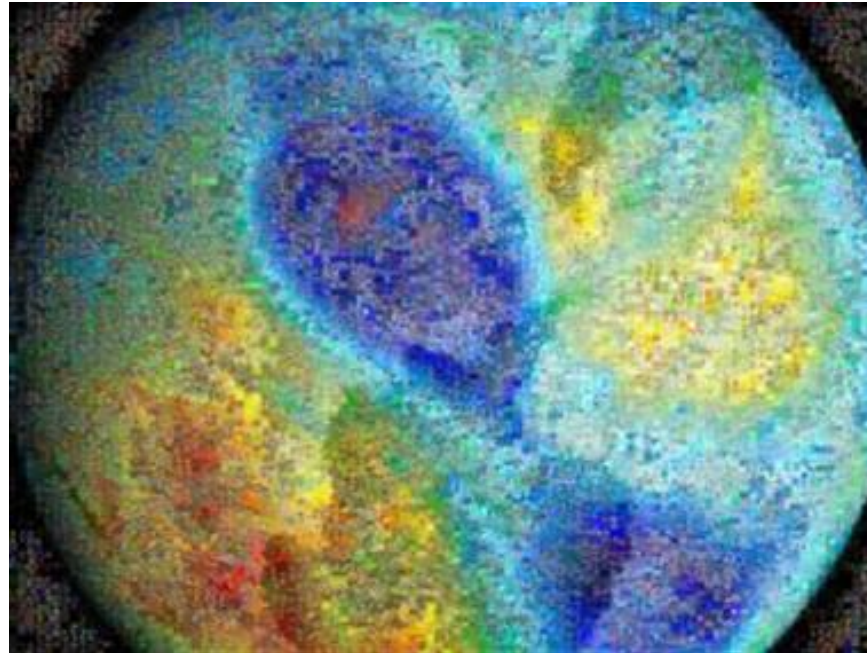


523. J. Fontcuberta. *Sputnik* 1996-1997

La obra de Fontcuberta es una reflexión sobre la evidencia que aporta la fotografía documental al presentarnos un hecho determinado demostrando el suceso de manera veraz y difundiéndolo a través de los medios de comunicación; una advertencia sobre esa verosimilitud fotográfica, su medio de difusión y el contexto de exhibición.

En *Googlegramas* Fontcuberta produce imágenes compuestas de otras imágenes que obtiene gracias a una búsqueda en Internet a través de una serie de términos asociados y de lo que denomina “imágenes fuente” que sugieren las palabras de búsqueda. En ocasiones las palabras son el punto de partida, en otras una imagen preexistente. El proceso de búsqueda de imágenes y construcción de la imagen fuente según la síntesis de las que devuelve Google, se realiza en una misma operación

que lleva a cabo el *software*, utilizando las más oscuras y las más luminosas, así como sus composiciones cromáticas predominantes, como píxeles que compondrán la nueva versión. El procedimiento no hace sino llevar hasta sus últimas consecuencias el hecho de que toda imagen digital es un mosaico. Tan sólo se sustituyen los píxeles por otras imágenes. El apropiacionismo aparece ahora en la obra del artista español más internacional.⁵⁶⁷



524. J. Fontcuberta. *Googlegramas*, 2006

Un nuevo autor español que reflexiona sobre la luz, el espacio y las nuevas tecnologías es Daniel Canogar. Sus proyecciones realizadas con fotolitos sobre metacrilato e iluminadas por una serie de puntos de luz proyectan sombras que

⁵⁶⁷ La obra de Fontcuberta en <http://www.fontcuberta.com/> [10-12-2012]

invaden el espacio; más adelante se convertirán en imágenes de ojos, orejas, labios y manos deformadas en su proyección espacial – *Sensorium*, (1993)- convirtiéndose posteriormente en caras y cuerpos que invaden y desaparecen en el espacio expositivo.

En su serie *Distorsiones* (1994), que recuerda a las series de desnudos deformados por espejos realizadas a principio de siglo XX por André Kertész, los cuerpos emergen de cubos gracias a una placa de metacrilato que lleva adherido un fotolito iluminado desde su interior por una lámpara halógena, las proyecciones de los cuerpos fantasmagóricos flotan en el recinto arquitectónico que se convierte en espacio intervenido por la instalación de Canogar.

En *Transfusiones*, realizada en 1995, experimentará con un material que comienza a invadir el panorama de las telecomunicaciones. La fibra óptica formará parte de la instalación y será una metáfora del título y del desarrollo conceptual de la serie; el proceso culminará con el proyecto *Sentience* de 1999, donde el autor representa un interesante punto de vista respecto al espacio tecnológico y mediático, que aceptamos de una manera natural e incluso lo ensalzamos sin pararnos a reflexionar sobre las consecuencias de la introducción de las nuevas tecnologías en el entorno social donde “*la realidad virtual es la tecnología que en este momento actualiza la fantasmagoría; esta tecnología electrónica interactiva nos permite explorar el ciberespacio a través de un cuerpo fantasmagórico. Nuestras tecnologías de la imagen nos han convertido en una representación fantasmagórica de nosotros mismos*”⁵⁶⁸.

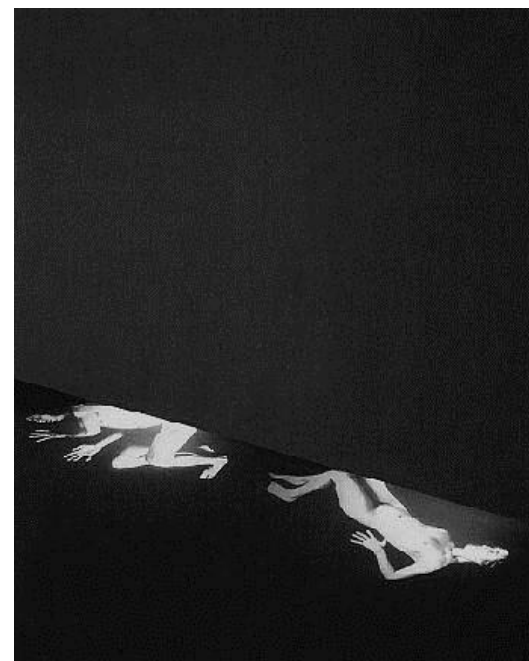
⁵⁶⁸ Canogar, Daniel en *Nuevas Visiones/ Nuevas Pasiones*. Seis artistas de la colección Helga de Alvear en Villa Iris. Fundación Marcelo Botín. Julio- Septiembre. 1999.

A este proyecto le seguirá *Ingrávidos*, *Teratologías* y *Time Release*. En este último nos muestra infinidad de ojos con la pretensión de desorientarnos y de realizar una alegoría de la visión en un momento en el cual la densidad de imágenes, paradójicamente, nos vuelve más ciegos de lo que nosotros pensamos.

El talante experimental de Daniel Canogar le llevará a realizar su última serie *Otras Geologías*, donde los cuerpos humanos aparecen cubiertos y perdidos entre los objetos desechados por nuestra sociedad: ordenadores cuyas capacidades se han visto superadas, plásticos derivados del petróleo, colchones, etc⁵⁶⁹.



525. Daniel Canogar. *Transfusiones*, 1995



526. Daniel Canogar. *Distorsiones*, 1994

⁵⁶⁹ La obra de Daniel Canogar <http://www.danielcanogar.com/> [15-12-12]



527. Daniel Canogar. *Otras Geologías*, 2004

Otros autores españoles han trabajado con conceptos e imágenes vinculadas con la ciencia como Marina Núñez (1966-) que indaga sobre la identidad humana y las interferencias entre lo tecnológico y lo humano, dando como resultado seres monstruosos y *cyborgs* contruidos a partir de fragmentos acoplados en un cuerpo dividido entre lo natural y lo artificial. En su obra los cuerpos humanos son conectados a través de sus sentidos a distintas fuentes de energía fantásticas o han traspasado

el horizonte de sucesos para precipitarse en el abismo de un agujero negro en una visión metafórica sobre la irrupción tecnológica en la sociedad contemporánea⁵⁷⁰.



528. Marina Núñez. *Red*, 2006

⁵⁷⁰ La obra de Marina Núñez en <http://www.marinanunez.net/> [22-12-2012]

529. Marina Núñez. *Suelo Blando*, 2002530. Marina Núñez. *Rayos*, 2000

Linarejos Moreno (1974-) indaga en ocasiones sobre la ciencia a través de acciones que posteriormente fotografía. En su serie *Stalker El Cálculo de la Incertidumbre* registra la acción, realizada por un científico, de escribir un desarrollo matemático en las ruinas de una antigua explotación minera manifestando la incertidumbre en las ciencias económicas contemporáneas, que utilizan métodos extraídos de la mecánica cuántica, y sus implicaciones en la regresión industrial. En la serie *Stalker Cuadrado Negro* distintos físicos pensaron una interpretación del cuadro de Malévich *Cuadrado Negro* abriendo infinitas posibilidades de representación científica para una obra de arte de principios de siglo XX. *Art forms in mechanism* son fotografías de gran tamaño mostrando detalles de lo que parecen plantas, a modo de documento científico y citando a la serie

de Karl Blossfeldt *Art Forms in Nature* y de Joan Fontcuberta *Herbarium* ya que una observación minuciosa de las mismas revelará la existencia de engranajes, puertas, números, piezas desmontables, descubriendo con ello el artificio⁵⁷¹.



531. Linarejos Moreno. *Stalker El Cálculo de la Incertidumbre*, 2006

⁵⁷¹ La obra de Linarejos Moreno en <http://www.linarejos.com/>[23-12-12] y en la Galería Blanca Berlín <http://www.blancaberlingaleria.com/artistas-colaboradores/series.php?id=107>[23-12-12]



532. Linarejos Moreno. *Stalker Cuadrado Negro*, 2008

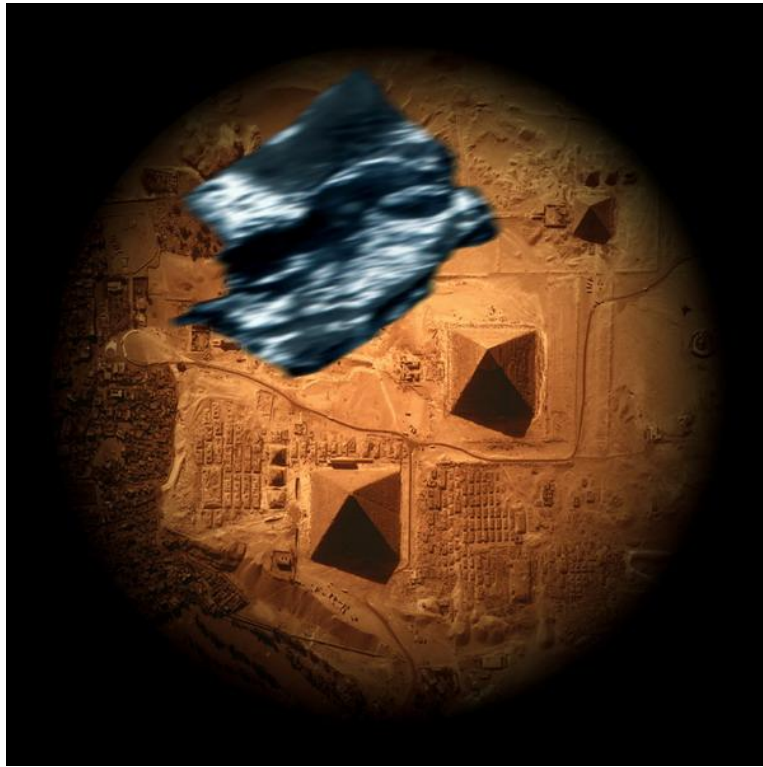
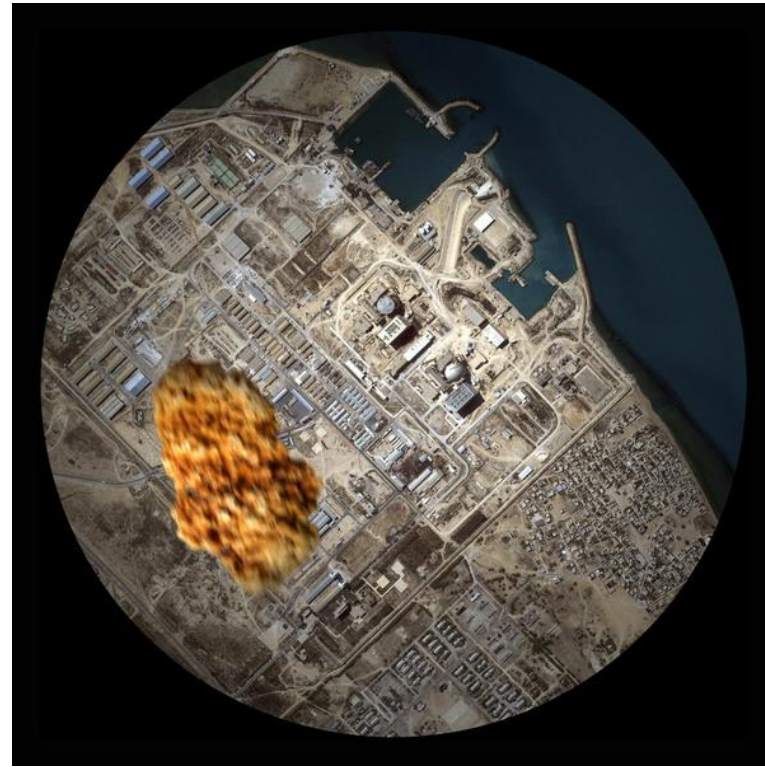
Antonio Bueno (1956-) comienza su andadura en los ochenta, en el entorno de la revista *Nueva Lente*. Renovando el planteamiento estético de la revista al proponer una línea trabajo más creativa que testimonial. El uso del color y la plasticidad del medio invitan a la experimentación, dando lugar a series como *Grafis* (1982-84) o *Naturalezas del día* (1986-88). En ellas

desarrolla nuevos esquemas de iluminación que dan como resultado volúmenes lumínicos que se debaten entre la realidad y la ficción. A partir de los 90, comenzará a trabajar con piedras donde *“La simplicidad del objeto piedras, banal en cuanto a los valores de nuestra cultura, me ha parecido el modelo idóneo para delimitar el discurso visual a la simplicidad, en cuanto una búsqueda de lo próximo. Las piedras descubren en su intimidad, el transcurrir del tiempo, el paso enérgico del viento y la huella del agua, como un registro palpable de la existencia, como una metáfora de la vida.”*⁵⁷² Esta propuesta inicial desembocará en la serie *Paisajes vigilados*, (2003-07). Formada por nueve inquietantes imágenes digitales, que combinan imágenes de satélite con piedras a modo de meteoritos orbitando peligrosamente cerca de la superficie terrestre.

*“La narración, incorpora sensaciones visuales y conceptos como la ligereza, referida en el sentido de levedad en la visualización de lo aéreo, y la velocidad que nos hace concebir nuestro hábitat, como un espacio efímero”*⁵⁷³.

⁵⁷² Bueno, A, en *Piedras. La invención de la vida*. 1996-99 <http://antoniobueno.es/index2.html> [26-12-12]

⁵⁷³ *Ibidem*.

533. A. Bueno. *Pirámides*, 2003-07534. A. Bueno. *Bushehr reactor Iran*, 2003-07

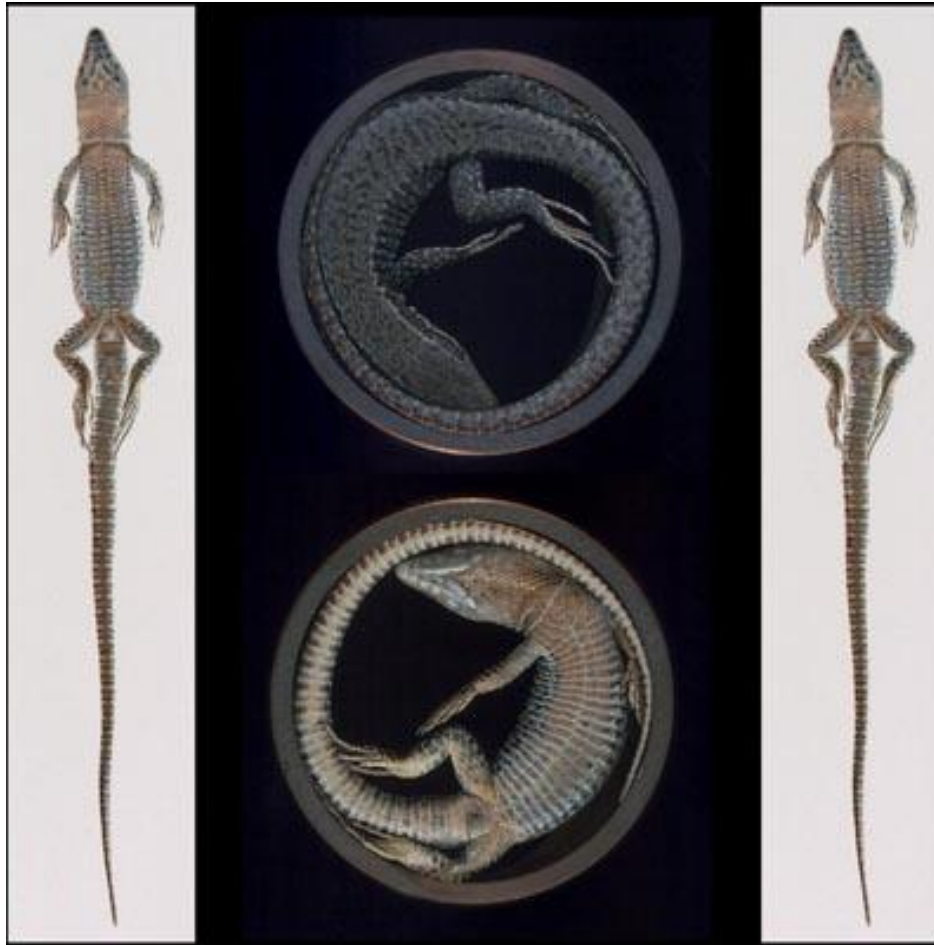
La obra de Luis Castelo (1961-) gira en torno al mundo natural, vegetal y animal, y sus modos de ordenación y clasificación a través de Wunderkammer (cámaras de las maravillas o gabinetes de curiosidades), antecesores de los museos de historia natural. La novedosa técnica empleada para archivar sus naturalezas está íntimamente relacionada con las nuevas tecnologías de producción de imágenes digitales, dando todo el protagonismo al escáner como dispositivo capturador de imágenes

“estos digitogramas (este neologismo se lo debo a mi amigo Joaquín Perea) se convierten en huellas directas del objeto obtenidos sobre este nuevo material fotosensible que es el CCD”⁵⁷⁴.

De igual manera que en las vanguardias se utilizó la técnica del fotograma, definiendo el límite y la opacidad de los objetos, Luis Castelo escanea insectos vivos, animales disecados o plantas buscando una representación minuciosa de cada uno de ellos, asumiendo el rol de entomólogo, botánico, geólogo o zoólogo que necesita unas muestras perfectas para su posterior análisis, clasificación y exposición a través de una seriación que es intrínseca al discurso científico. El empleo del escáner como alternativa a la cámara fotográfica inicia un nuevo proceso de elaboración de imágenes con unas características propias, confiriendo a las imágenes unos detalles muy precisos y una novedosa manera de acentuar el ruido electrónico producido por la máquina. En su serie *Cuaderno de campo* el artista utilizó animales vivos que interactuaban con el sistema de captura de imagen causando alteraciones en el registro que se traducían como ruidos electrónicos intrínsecos al medio de captura. Su serie *Herbarium* es un acercamiento a la ilustración científica propia de los ilustradores que viajaban a lo largo de la Tierra en busca de nuevas especies durante los siglos XVIII y XIX. Posteriormente realizará *Historiae naturalis* utilizando animales disecados del siglo XIX de los fondos del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid (MNCN-CSIC); *Deconstrucciones* revela la estructura interna de pequeños animales en un desorden que hace imposible la identificación de la especie en una

⁵⁷⁴ Castelo, Luis. *Blyblos Physikoy*. Ds Galería. Barcelona 2004.

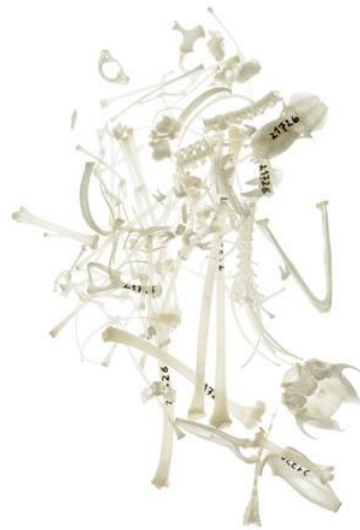
metáfora de lo que el caos significa para la construcción natural. Todos estos proyectos son realizados a través del escáner, acercando la tecnología, la ciencia y el arte, en una época donde el discurso artístico comienza de forma consecuente con establecer relaciones con el discurso científico.



535. Luis Castelo. *Larceta muralis*, Cuaderno de campo, 2001



536. Luis Castelo. *Historiae naturalis: taxidermias. Babyrousa babyrousa*, 2007



537. L. Castelo *Deconstrucciones*. Nº 3, 2010

El artista Javier Vallhonrat utilizó, desde un principio, la fotografía como medio de expresión realizando un soberbio trabajo de reflexión sobre el espacio, la luz y el tiempo fotográfico. En su serie *El espacio poseído* (1989) la representación de la modelo pasa de la intención de pertenecer a un espacio tridimensional, representado en una perspectiva isométrica, a uno fotográfico y bidimensional limitado siempre por el marco, metáfora de las limitaciones perceptivas del ser humano, un marco que aprisiona al cuerpo para que sea a su vez poseído por el espacio “*planteando la materialización-corporeización de un espacio místico frente al racionalista*”.⁵⁷⁵

⁵⁷⁵ Santos, Manuel. *Cuatro direcciones. Fotografía contemporánea española. 1970-1990*. Tomo I. Catálogo de la exposición MNCARS. Editorial Lunwerg. Madrid 1991. Pág 130.



538.J. Vallhonrat. *El espacio poseído*. 1989

La reflexión sobre el espacio fotográfico la continuará en su serie *Cajas* 1995, donde el autor nos muestra unas cajas a las que ha adherido una fotografía (bidimensional) que reproduce su espacio interior (tridimensional). Estas cajas son formas geométricas básicas: cuadrados, círculos, rectángulos y triángulos que en su interior nos muestran una gran complejidad de sombras creadas por la luz y el perímetro de cada figura. “*La fotografía es susceptible no sólo de representar la tridimensionalidad, el volumen, y recrear su percepción; ella misma se transforma en objeto escultórico-fotográfico*”⁵⁷⁶. La representación de objetos y construcciones arquitectónicas en el espacio la continuará en series como *Objetos precarios* 1993-1994 y *Lugares Intermedios* 1999.

⁵⁷⁶ B.Olmo, Santiago. En Javier Vallhonrat. *La fotografía como reflexión*. PhotoBolsillo 10. Editado por La Fábrica- Tf. Editores. Madrid 1999. Pág 5

Vallhonrat meditará sobre el tiempo y la luz en su serie *Autogramas* 1991 “considerado como una investigación sobre la construcción material de la fotografía y a la vez como una deconstrucción del lenguaje fotográfico”⁵⁷⁷. Las fotografías están realizadas en la más absoluta oscuridad, en la cual el fotógrafo enciende una cerilla y la mueve alrededor de su cuerpo con la intención de iluminarlo parcialmente y de mostrarnos la materia básica de la que se compone la fotografía, la luz, bien como fuente, bien como reflejo en el cuerpo desnudo del autor, en una aproximación primaria al autorretrato. La tenue luz aparecida de la oscuridad total también le permite registrar el tiempo fotográfico, marcado por la duración de las fuentes luminosas produciéndose de esta manera la fotografía.



539. J. Vallhonrat. *Autogramas*.1991



540. J. Vallhonrat. *E.T.H.* 2000

⁵⁷⁷ *Op Cit.* Pág. 6

Su trabajo E.T.H (2000) nos sumerge en un paisaje romántico profanado por el desarrollo tecnológico, la admirada y sobrecogedora belleza de lo sublime sucumbe al progreso transformándose la relación con la naturaleza establecida por el hombre. El ferrocarril, símbolo del desarrollo industrial del siglo XIX, penetra en las inaccesibles montañas alpinas, en el inicio del siglo XX, gracias a la labor de ingeniería de la escuela E.T.H. de Zúrich. La naturaleza frente a la construcción tecnológica, la representación de la realidad frente a la construcción de la realidad. Vallhonrat realizó imágenes de los paisajes alpinos transformados por el ferrocarril y construyó, como un ingeniero o un arquitecto que realiza la maqueta de su proyecto, una realidad similar para fotografiarla entre brumas y superponerla a la realidad, dando como resultado una serie donde se confunde la realidad con su construcción donde *“se construye otro estrato de sentido en esta relación entre hombre, tecnología y paisaje”*⁵⁷⁸.

La construcción de la realidad y su representación a través de datos geográficos y cartográficos es explorada por Javier Vallhonrat en su último trabajo *42° N*. Partiendo de unas fotografías, realizadas a mediados del siglo XIX por el Vizconde francés Joseph Vigier en el transcurso de un viaje por los Pirineos, Vallhonrat realiza una reflexión en torno a su experiencia como montañero explorando geográfica y emocionalmente el Macizo de la Maladeta, representándolo posteriormente a través de fotografías, videos y maquetas donde se confunde realidad y representación. Los datos científicos se incorporan a la experiencia íntima de sentirse en este espacio, dando lugar a una profunda reflexión acerca de la documentación topográfica y geográfica del territorio y como éste se percibe por el artista, al mismo tiempo que se cuestiona la manera de representar esa

⁵⁷⁸ Cerizza. Luca. Catálogo exposición *E.T.H.* Fotografías de Javier Vallhonrat. Centro de Arte de Salamanca. Salamanca 2003. Pág 82 y en <http://www.javiervallhonrat.com/>

realidad. Vallhonrat utilizará el medio fotográfico y el vídeo para crear unas obras que oscilan entre la ficción y el documento, entre la construcción de la realidad y la realidad de un territorio construido.



541. J. Vallhonrat. 42° N. 2012



542. J. Vallhonrat. *42° N. Datos geográficos*. 2012

Además de estos artistas españoles que utilizan la fotografía y todos los procesos relacionados con la imagen digital, en nuestro país se han llevado a cabo una serie de magníficos proyectos expositivos donde arte y ciencia entablan una relación incondicional, una unión natural que existió hace siglos y que se perdió con el paso del tiempo. Pablo Llorca (1963-) realiza dos magníficas exposiciones donde fotografía y ciencia dialogan acercando distancias entre el arte y la ciencia al dotar de potencial estético imágenes científicas sin ninguna pretensión artística por parte de sus autores. *El mundo descrito*, (2008) y *Mensurable* (2010) están centradas “en la idea de mostrar como la fotografía científica, documental o puramente testimonial, es decir, la foto hecha sin intención artística, ha ido configurando, sin embargo, de modo notable nuestra perspectiva del mundo, influyendo también en la imagen del arte contemporáneo”⁵⁷⁹. Mucho más ambicioso es el proyecto llevado a cabo por Luis Rico y Karin Ohlenschläger denominado *banquete_* una trilogía “que explora las relaciones entre los procesos biológicos, sociales, tecnológicos y culturales”⁵⁸⁰. De la trilogía solo se ha editado y expuesto el último proyecto: *banquete_ nodos y redes* compuesto por obras fotográficas, vídeos, instalaciones de realidad virtual, acciones robóticas de vida artificial o proyectos participativos de *net.art* que ofrecen un amplio recorrido que nos lleva desde los micromundos neuronales hasta las dinámicas globales de conexión digital en las sociedades contemporáneas.

⁵⁷⁹ Cereceda, Miguel. *Fotografía del mundo*. ABCD Cultural. Diario ABC 15- 03-2008 .Pág. 40.

⁵⁸⁰ VV.AA. Rico, Luis y Ohlenschläger, Karin. *De la neurona a la sociedad en red*. En *banquete_ nodos y redes*. SEACEX Sociedad Estatal para la Acción Cultural Exterior. Adiciones Turner. Madrid 2009. Pág 15

En esta última parte de la investigación he realizado un recorrido por el panorama artístico actual, destacando los artistas que utilizan en sus propuestas imágenes o argumentos que pertenecen al ámbito científico para explorar, reflexionar o seducir a través de proyectos que están a mitad de camino entre el arte y la ciencia. Los resultados son muy interesantes, en ocasiones espectaculares, y poseen un dinamismo y una presencia cada vez mayor en el mundo del arte, alcanzando algunas piezas valores muy altos en el actual mercado artístico (Sugimoto, Ruff, Eliasson, Gursky, etc.). En nuestro país comienzan a tener cada vez más presencia los proyectos artísticos que centran su discurso en el mundo de la ciencia, siendo un pionero Joan Fontcuberta, aunque aún es un ámbito minoritario y con escasa presencia a nivel internacional. No obstante, se puede apreciar la gran calidad del trabajo de estos artistas nacionales; en la investigación están separados de los internacionales aunque sus propuestas están a la misma altura, es una verdadera lástima que no estén igual de valorados.

9 CONCLUSIONES

Para finalizar esta investigación es preciso destacar una serie de conclusiones finales, generales y específicas de cada una de las partes, con el propósito de reflexionar si las expectativas, que en un principio me motivaron a llevar a cabo esta investigación, se han cumplido.

En líneas generales podemos concluir con cuatro deducciones relativas al conjunto del trabajo desarrollado:

- La imagen científica, apartada de su función en el ámbito de la ciencia, se puede transformar en objeto artístico al registrarse en ella una serie de características que la integran en el discurso artístico contemporáneo, convirtiéndola en objeto de reflexión y de experiencia estética.
- Las imágenes científicas, actualmente y en el marco artístico presente, responden a una forma de arte en consonancia con los cambios producidos en la sociedad debidos al exponencial desarrollo de las TIC (Tecnologías de la Información y las Comunicaciones), convirtiéndose en arte de su tiempo. Conmutan su función del ámbito científico al artístico.
- A partir del cambio, originado dentro de la ciencia, de tratamiento de señal analógica a digital, la fotografía se ha alterado radicalmente: *“La naturaleza de la imagen está trastocada. Hay que pensar ya en la física cuántica de la imagen”*⁵⁸¹. La imagen digital abre un universo de posibilidades de expresión en comparación con el pequeño mundo fotográfico. La representación de la fotografía se traslada al concepto de la imagen digital.

⁵⁸¹ Fontcuberta, Joan. Entrevista realizada por Bea Espejo en El Cultural. Diario El Mundo 21-02-2013. En http://www.elcultural.es/noticias/BUENOS_DIAS/4416/Joan_Fontcuberta [21-02-2013]

- En el actual momento histórico necesitamos retornar a la visión humanista, no a una posición clásica, sino más bien a una nueva hibridación entre ciencias y letras, un cruce interdisciplinar y en diálogo con todas las ciencias y las humanidades. Dentro del panorama creativo presente hace falta una formación multidisciplinar para poder realizar propuestas artísticas coherentes, afines al período histórico vigente. Proyectos que integren las artes y las ciencias de forma natural, sin fracturas, estableciéndose un intercambio de propuestas y experiencias entre las dos esferas del conocimiento, que revelen nuevas ideas y modos de acercamiento a la realidad.

Estas conclusiones generales son resultado de un proceso minucioso de investigación abierto en cada una de las partes que construyen esta tesis. En cada división descubrimos unos resultados conformes a la propuesta articulada, los cuales serán expuestos a continuación.

PRIMERA PARTE: Conclusiones relativas a la REVISIÓN HISTÓRICA Y EVOLUCIÓN EN EL ARTE DESDE LA APARICIÓN DE LA FOTOGRAFÍA COMO PARADIGMA DE UNIÓN Y CAMBIO ENTRE LA CIENCIA, LA TECNOLOGÍA Y EL ARTE.

- El nacimiento de la fotografía como paradigma de unión de las artes y las ciencias, y cambio en la manera de representar la realidad, transformando el panorama artístico del momento de forma radical. Así como la tímida incursión de algunas ideas provenientes del ámbito científico y que empiezan a desarrollarse experimentalmente en el arte.

- Las vanguardias manifiestan una vinculación muy importante con la ciencia y la tecnología del momento. Además, a principios de siglo XX, se produce simultáneamente un cambio de paradigma en la ciencia y en el arte que supone un alejamiento del orden establecido hasta ese momento.
- Hasta la Segunda Guerra Mundial todos los movimientos de vanguardia se verán influenciados por la ciencia y la tecnología, mostrándose a favor o en contra a través de sus manifestaciones artísticas. Cada uno expresará coherentemente su visión del mundo mediante los nuevos medios, generados por el desarrollo tecnológico y las nuevas ideas propuestas en el campo de la ciencia.
- A partir de la Segunda Guerra Mundial hay un abandono de todo lo derivado de la ciencia y la tecnología debido a la catástrofe orquestada por el lado oscuro de la ciencia, produciéndose en el artista una introspección que le conduce a lo esencial: lo matérico y lo instintivo.
- A partir del desarrollo de los medios de comunicación de masas (*mass media*) en el arte, se produce de nuevo un acercamiento, algo escéptico, hacia la ciencia y la tecnología; muy crítico o muy atrevido y transgresor.
- En la actualidad y debido al extraordinario progreso efectuado en las formas de comunicación y almacenamiento de la información, que han supuesto un cambio de paradigma tecnológico importante al provocar cambios en todos los ámbitos, se ha vuelto a tener muy en cuenta el desarrollo científico, que tiene su reflejo en la tecnología, aceptando los cambios tecnológicos de manera incondicional. Los artistas experimentan constantemente con los nuevos medios y sistemas que abren ilimitadas posibilidades de expresión y reflexión. La máquina se instituye como nueva forma de creación, posibilitando el acceso a nuevos Universos que han permanecido ocultos hasta hoy.

SEGUNDA PARTE: Conclusiones relativas a LA FOTOGRAFÍA CIENTÍFICA FUERA DE SU CONTEXTO FUNCIONAL EN UN ACERCAMIENTO AL ARTE DEL SIGLO XXI.

- Las imágenes científicas contemporáneas, en su forma de elaboración y en la manera de representación de la realidad, han cambiado radicalmente la práctica y los usos tradicionales de la fotografía. La representación de la fotografía tradicional se traslada al concepto de la imagen digital.
- Las imágenes del mundo subatómico son deconstrucciones de los elementos básicos de la materia. Destruimos-reconstruimos para representar un concepto que se ajusta a un modelo matemático. No se sabe cómo es el referente, solo podremos observar sus trazas en diferentes detectores que envían información a un sistema encargado de construir la compleja realidad subatómica.
- El resultado es equivalente a las formas elementales de la representación gráfica: punto y línea sobre plano.
- Las simulaciones y sus reconstrucciones revelan fenómenos sorprendentes que se producen en el mundo subatómico y en los macrocosmos, ocultos durante siglos al no tener lugar a nuestra escala. Estos fenómenos son parte de una realidad que aún está oculta para la mayoría.
- Las máquinas desarrolladas para la observación de estos mundos que han permanecido siempre ocultos nos han proporcionado una *visión expandida*, mostrándonos nuevas realidades que generan nuevos modelos de representación, que tienen su espacio natural en el arte, posibilitando el desarrollo de nuevos puntos de vista en la representación de la realidad.

- Estas máquinas desmaterializan las formas representadas con objeto de comunicarse y enviar la información obtenida a través de sus sensores. La materialización se llevara a cabo a través de un soporte inestable, como una pantalla, o de una imagen impresa con apariencia fotográfica.
- La desmaterialización permite la existencia de imágenes virtuales en la red que dan lugar a inmensos archivos. Los archivos científicos contienen muchas imágenes a disposición de todos, realizando una selección y otorgándoles una serie de características vinculadas al modo de proceder de la ciencia, que tiene su reflejo en el discurso artístico contemporáneo. Podremos recontextualizar estas imágenes en el terreno artístico, transformando su función y significado e induciendo a la experiencia estética. *“Sobre el papel del artista: ya no se trata de producir obras sino de prescribir sentidos. En la filosofía del arte: se deslegitiman los discursos de originalidad y se normalizan las prácticas apropiacionistas”*⁵⁸². Son algunas de las maneras de proceder en el arte del siglo XXI.
- El territorio fragmentado captado por satélites y sondas espaciales deviene en paisaje al ser construido para su exploración. Paisajes con apariencia matérica, pero a su vez desmaterializados, que evocan mundos abstractos generados por artistas del siglo XX, a pesar de revelar una realidad, fragmentada y construida, pero realidad, perteneciente a diferentes panetas del Sistema Solar.

⁵⁸² Fontcuberta, Joan . *“Por un manifiesto posfotografico”*. Suplemento cultural de La Vanguardia. Miércoles 11-05- 2011. Barcelona. Se puede leer en <http://www.lavanguardia.com/cultura/20110511/54152218372/por-un-manifiesto-posfotografico.html> [23-02-2013]

- La exploración como análisis intelectual de la realidad pertenece al ámbito de la ciencia y del arte, encomendándose de descubrirnos el mundo donde vivimos y el cosmos al cual pertenecemos. Para ello estructuran distintos puntos de vista que tienden a adaptarse con la mayor precisión posible a la realidad última revelada.
- El mar y el Universo como representación de lo sublime desde el romanticismo da paso al cosmos como un conjunto ordenado y armonioso de todo lo que existe, integrando lo micro con lo macro; el tiempo con el espacio. Representación de lo sublime contemporáneo al contener todo lo descubierto lo que permanece oculto “*El universo es comprensible y conocemos sus propiedades generales, pero dentro de nuestro horizonte, es decir, de lo que podemos observar, aunque no podemos decir lo que hay mucho más allá*”⁵⁸³. Incitando a la exploración de todo lo que falta por descubrir.

TERCERA PARTE: Conclusiones relativas a LA POSMODERNIDAD. UTILIZACIÓN DE LAS FOTOGRAFÍAS E IMÁGENES CIENTÍFICAS EN EL ÁMBITO ARTÍSTICO CONTEMPORÁNEO. DESDE 1990 A 2012.

- La imagen científica se acopla óptimamente al discurso artístico de la posmodernidad “*La cultura como un corpus de códigos (Barthes), como un conjunto de resoluciones imaginarias de contradicciones reales (Claude Lévi- Strauss)*”⁵⁸⁴. Además de las propuestas por Roland Barthes (1915 -1980) y Walter Benjamin (1892-1940) sobre la muerte del autor y la desaparición del aura, se incorporarán conceptos como *simulacro*, donde no existe distinción entre representación y realidad, entre el signo y su referente real; *deconstrucción*, que desmonta las capas de sentido un texto con la intención

⁵⁸³ RASHID SUNYAEV. Director del Instituto Max Planck de Astrofísica entrevista en http://sociedad.elpais.com/sociedad/2013/03/05/actualidad/1362512821_571677.html [05-03-13]

⁵⁸⁴ Foster, Hal. *Introducción al postmodernismo*. En *La Posmodernidad* .Editorial Kairós S.A. Barcelona 1998. Pág 9.

de que adopte un sentido presente; *hiperrealidad*; *simulación*. La fotografía es considerada como “*una representación sin un referente garantizado en el mundo. Es decir, tendrían a considerar la fotografía menos como una huella física o una impronta indicial de la realidad que como una construcción codificada que produce efectos de lo real.*”⁵⁸⁵

- La imagen científica fuera de su contexto y reubicada en el panorama artístico actual está dentro de alguno de los puntos del *manifiesto posfotografico* elaborado por Fontcuberta: “*ya no se trata de producir obras sino de prescribir sentidos*”. “*El artista se confunde con el curador, con el coleccionista, el docente, el historiador del arte, el teórico....*”. “*Se deslegitiman los discursos de originalidad y se normalizan las prácticas apropiacionistas*”. “*El autor se camufla o está en las nubes (para reformular los modelos de autoría: coautoría, creación colaborativa, interactividad, anonimatos estratégicos y obras huérfanas)*”. “*Se impone una ecología de lo visual que penalizará la saturación y alentará el reciclaje*”.
- Varios artistas analizados en la tesis empiezan a tomar posturas argumentadas aquí con respecto a la imagen científica. Un ejemplo concluyente es la utilización de imágenes científicas en la obra de Thomas Ruff: *ma.r.s.*, *Cassini*, *Sterne*; Andreas Gursky en su propuesta actual *Oceans*; Olafur Eliasson en *Cartographic Series* y *Jökla* o Mungo Thomson es su serie *Negative Space*.
- El cambio en la forma de capturar y enviar las imágenes desde los satélites actuó como precursor de la transformación que vendría después en el medio fotográfico, que enlazado con las modificaciones generadas por las TIC, ha transformado el medio de manera radical, que ha transmutando a una nueva forma de imagen: la imagen digital, con

⁵⁸⁵ Foster, Hal, R. Krauss, Y. Boris, B. Buchloh en *Arte desde 1900* Editorial Akal. Madrid. 2006 Pág. 586.

unas posibilidades y formas de expresión que la alejan de la fotografía tradicional. El cambio tecnológico se desarrolló desde la ciencia; el cambio que experimentará el discurso artístico contemporáneo también procederá de la ciencia, que con sus modos y formas de entender la realidad influirá a los artistas, propiciando nuevas formas de creación y nuevos discursos, que a su vez retornarán a la ciencia dotándola de nuevas maneras de imaginar el mundo.

APÉNDICE

10- 1 ELEMENTOS QUÍMICOS Y TEORÍA ATOMICA. DALTON

Los filósofos griegos desarrollaron la idea de la constitución de la materia por partículas muy pequeñas e indivisibles. En el siglo IV a de N.E. Demócrito de Abdera (470-380 a de N.E.), siguiendo las propuestas de su maestro Leucipo, postuló que toda la materia estaba compuesta de partículas diminutas, infinitamente pequeñas que no podía concebirse algo menor. Por ello eran indivisibles, es decir, atómicas. Sostenía que los átomos eran eternos, inmutables e indestructibles y entre ellos sólo existía el vacío; planteando que todo estaba formado por el movimiento de estos átomos.

Las ideas atomísticas de Demócrito fueron rechazadas posteriormente por Aristóteles y Teofrasto sin embargo, las acogieron en sus obras Epicuro (341-271 a de N.E.) que defendía que el mundo estaba constituido por átomos y vacío; así como algunos divulgadores romanos como Tito Lucrecio Caro (95-55 a de N.E.), que en su obra *De rerum natura* (*Sobre la naturaleza de las cosas*) recoge las ideas de Demócrito sobre el átomo realizando una narración poética del mundo como resultado de la fuerza ciega de la materia.

Esta idea apenas logró desarrollo en la Edad Media. El atomismo fue una teoría minoritaria y marginal frente al platonismo y aristotelismo dominantes hasta el siglo XVI, siglo en el cual daría comienzo una revolución científica que cuestionaría las enseñanzas de Aristóteles, mantenidas como ciertas, y culminaría con el triunfo de la mecánica en el siglo XVII. Durante este período la concepción atomista tendrá una clara aceptación favorecida por humanistas como Fracastoro Girolamo (1478-1553); Giordano Bruno (1548-1600); Pierre Gassendi (1592-1655) que inspirado en el atomismo clásico de Demócrito y Epicuro defendió que los átomos y el vacío son los últimos componentes del mundo físico; Francis Bacon (1561-1626) e Isaac

Newton (1642-1727) cuya base de todas sus teorías es la concepción de un mundo constituido por átomos. Durante este intervalo Robert Boyle (1627-1691) comenzaría a distanciarse de la tradición alquimista medieval acercándose a la noción de química moderna, estableciendo el concepto de elemento y recurriendo a las ideas atomistas de Gassendi para explicar las transformaciones químicas.

A partir de la segunda mitad del siglo XVIII y durante el siglo XIX la química se desarrolla de manera espectacular impulsando definitivamente la teoría atómica. Antoine Laurent de Lavoisier (1743-1794) publicó en el año 1789 su *Tratado elemental de Química* en el que establece las bases de la química moderna. Lavoisier estudió las reacciones químicas, comparando las masas de los cuerpos que reaccionaban y las masas de los productos resultantes de la reacción postulando *la ley de conservación de la masa* “en toda reacción química la suma de las masas de las sustancias reaccionantes es igual a la suma de las masas de los productos de la reacción; en las reacciones químicas ni se gana ni se pierde masa”⁵⁸⁶. En 1801 Joseph Louis Proust (1754-1826) establece, en su *ley de las proporciones definidas*, que un compuesto químico contiene siempre los mismos elementos en proporciones fijas de masa, “*las relaciones entre masas según las cuales dos o varios elementos se combinan son fijas y no susceptibles de variación continua*”⁵⁸⁷. Se están asentando cimentando las bases fundamentales de la química donde los elementos constituyen las sustancias entrando en combinación entre ellos para formar los compuestos. En 1803, el británico John Dalton (1766-1844) desarrolló su teoría atómica apoyándose en la *ley de las proporciones definidas* de Proust, trasladando la idea de Demócrito sobre la constitución de la materia compuesta por pequeñas

⁵⁸⁶ Moncho Morales, José. *La estructura atómica*. Editorial Santillana. Madrid 1998. Pág. 28.

⁵⁸⁷ Navarro, Victor. *Historia de la ciencia*. Colección Austral. Espasa Calpe. Madrid. 2003. Pág. 475.

partículas muy pequeñas e indivisibles: átomos; llegando a la conclusión de que “*las combinaciones químicas se efectúan a través de unidades discretas, átomo a átomo, y de que los átomos de cada elemento son idénticos*”⁵⁸⁸. Su teoría explica los dos grandes tipos de sustancias químicas: los compuestos, que se pueden descomponer en otras sustancias más simples y los elementos, que no se pueden descomponer y donde un átomo sería la partícula más pequeña de un elemento.

Dalton publicó su teoría atómica en 1808 en *A New System of Chemical Philosophy* (*Nuevo sistema de filosofía química*) donde su teoría, que parte del supuesto de que los átomos de cada elemento deben tener la misma masa, se puede resumir en los siguientes puntos:

- Los elementos están formados por partículas muy pequeñas, llamadas átomo, que son indivisibles.
- Todos los átomos de un mismo elemento tienen idénticas propiedades.
- Todos los átomos de un elemento tienen la misma masa atómica (aún no se conocía la existencia de isótopos).
- Los átomos de elementos distintos tienen diferentes masas atómicas.
- Los átomos se combinan en proporciones sencillas para formar compuestos.
- Los cuerpos compuestos están formados por átomos de diferentes tipos; las propiedades del compuesto dependen del número y de la clase de átomos que tengan.

⁵⁸⁸ *Op.Cit.* Pág. 477

Era la primera vez que se proponía una teoría atómica que fuera algo más que una mera hipótesis sobre la existencia de unas partículas que debían ser los componentes últimos de la materia. Esta teoría fue el mejor modelo existente durante casi un siglo.⁵⁸⁹

10-2 EL ELECTROMAGNETISMO Y LA CONFIGURACIÓN DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

10-2-1 FARADAY, MAXWELL Y LA TEORIA DE CAMPO ELECTROMAGNÉTICO

Los fenómenos eléctricos y magnéticos se conocen desde la antigüedad. La electrización por frotamiento de ámbar amarillo, *electrón* en griego, se observó ya en el siglo IV a de N.E por los *físicos*, pensadores de la antigua Grecia que se preguntaban acerca de la naturaleza de las cosas que componen el mundo intentando buscar su explicación. Tales de Mileto (625-547 a de N.E.) comprobó que si se frotaba ámbar amarillo con lana, este atraía objetos ligeros que se adherían a él. Igualmente, en la Grecia clásica se conocía un mineral, que provenía de la ciudad de Magnesia, llamado magnetita que tenía la propiedad de atraer piezas de hierro. La electricidad y el magnetismo fueron durante largo tiempo fenómenos asociados a la naturaleza; no obstante hay referencias de la utilización de la brújula en navegación marítima en el siglo XII. En 1269, Pierre de Maricourt descubrió que si una aguja se deja libremente en distintas posiciones sobre un imán natural esférico, se orienta a lo largo de líneas que, rodeando el imán, pasan por puntos situados en extremos opuestos de la esfera. Estos puntos fueron llamados polos del imán. En el siglo XVI William Gilbert (1544-1603) descubrió que la tierra es un imán natural con polos magnéticos próximos a los polos geográficos norte y sur. Además, en su tratado sobre magnetismo (*De magnete*) muestra la

⁵⁸⁹ Moncho Morales, José. *Op Cit.* pág. 31

posibilidad de transferir, por frotamiento, el fenómeno ocurrido en el ámbar amarillo a muchas otras sustancias, siendo estas capaces de ejercer una atracción sobre cuerpos ligeros. A este fenómeno lo llamaré *electricidad*.

Durante los siglos XVII y XVIII se reparó en la existencia de los cuerpos malos conductores, actuales dieléctricos, donde la electricidad permanece confinada en las regiones frotadas; y los cuerpos buenos conductores, en los que la electricidad se expande a todas las regiones. Benjamín Franklin (1706-1790) voló su cometa con la intención de atrapar la electricidad de la nubes de tormenta; se buscó una ley de la fuerza eléctrica que rigiera las interacciones entre las partículas de la materia eléctrica dando como resultado las *Leyes de Coulomb* y el inicio de la electrostática, que se ocuparía de estudiar los fenómenos que ocurren en presencia de cargas eléctricas inmóviles en una región del espacio determinada; Luigi Galvani (1737-1798) observó el efecto de la electricidad sobre los tejidos utilizando botellas de Leyden, antecesoras de los condensadores, que almacenaban electricidad para descargarla posteriormente sobre las ancas de las ranas; Alessandro Volta (1745-1827) desarrolló un instrumento, el electróforo, capaz de producir cargas eléctricas y posteriormente, en el año 1800, desarrollaría la primera pila eléctrica convirtiendo energía química en energía eléctrica; en ese mismo año se comenzaría a desarrollar la electrodinámica, una de las ramas de la electricidad encargada de estudiar los fenómenos que acompañan a las corrientes eléctricas.

Ya en el siglo XIX, en el año 1820 se produjo un descubrimiento fundamental; Christian Oersted (1777-1851) encontró que existe una relación muy estrecha entre los fenómenos magnéticos y eléctricos de la materia al observar que una corriente eléctrica desviaba una aguja imantada. Para demostrarlo colocó un alambre conductor conectado a una pila, por el que circulaba una corriente eléctrica, debajo de una brújula, en la cual advirtió la desviación de la aguja magnética colocándose en

posición transversal respecto al cable, formando un ángulo recto. Seguidamente Andrè-Marie Ampère (1775-1836) demostró experimentalmente que dos hilos paralelos por los que circulan corrientes eléctricas de igual sentido se atraen; sin embargo al cambiar el sentido de una de las corrientes los hilos se repelen. Michael Faraday (1791-1867) iba a dar el siguiente paso al descubrir la inducción electromagnética, que es la producción de una corriente eléctrica bajo la influencia de un campo magnético. Basándose en la experiencia de Oersted demostró que un hilo por el que pasaba una corriente eléctrica podía girar de forma continua alrededor de un imán (principio del motor eléctrico) y de manera inversa demostraría que si un imán se mueve alrededor de un cable eléctrico por el cable circulará una corriente eléctrica (dinamo); *“del mismo modo que la electricidad en movimiento induce magnetismo en su proximidad , también un imán en movimiento produce una inducción eléctrica en su entono”*⁵⁹⁰ El magnetismo producía electricidad y cada vez se hacía más evidente la vinculación entre electricidad y magnetismo. Faraday estableció conceptos como *líneas de fuerza*, que parten de los polos magnéticos o de partículas dotadas de carga eléctrica, y *campo de fuerza* eléctrico y magnético, que serían fundamentales para la concepción de la teoría electromagnética. Volviendo a la hipótesis atómica Faraday planteó que los átomos existían concentrados en las *líneas de fuerza* constituyendo una red, *un campo de fuerza*. Incluso se adelantó a su tiempo al proponer que *“las líneas de fuerza magnéticas eléctricas y gravitatorias llenaban el espacio y constituían la realidad con la que estarían interconectadas los entes aparentemente materiales que configuran el mundo. El mundo material, desde los átomos hasta el sol y la tierra (y más allá), era sencillamente el resultado de los nudos que se formaban en los distintos campos”*⁵⁹¹. Planteando que la luz era una

⁵⁹⁰ Gribbin, John. *Historia de la ciencia*. Editorial Crítica. Barcelona 2003. Pág. 345

⁵⁹¹ Gribbin, John. *Op.Cit.* Pág. 347

vibración de las líneas de fuerza eléctrica que se trasladaba por el espacio en forma de onda luminosa sin necesidad del éter “*mi teoría se atreve a descartar el éter, pero no las vibraciones*”⁵⁹². Sus teorías fueron puestas en duda ya que carecían de una demostración matemática en donde apoyarse, pasando totalmente inadvertidas y sin crear ningún impacto entre la comunidad científica. Sería en el año 1864 cuando sus teorías lograrán la explicación matemática necesaria para ser aceptadas totalmente.

El desarrollo de la teoría completa del electromagnetismo aparecerá tres años antes de la muerte de Faraday y será propuesta por el gran físico escocés James Clerk Maxwell (1831-1879). Basándose en los resultados experimentales y teóricos obtenidos por investigadores entre los que cabe citar a Coulomb, Ampère, Thomson y Gauss; y en la noción de *líneas de fuerza* introducida por Faraday, Maxwell logró desarrollar un elegante conjunto de ecuaciones en derivadas parciales que relacionan los vectores de campo eléctrico y magnético con sus fuentes materiales, que son las cargas eléctricas y las corrientes, resumiendo así las leyes experimentales de la electricidad y del magnetismo. Estas ecuaciones se denominan *ecuaciones de Maxwell* y expresan matemáticamente el comportamiento del campo electromagnético, suponiendo que él transporta las fuerzas eléctricas y magnéticas y demostrando que el campo eléctrico y magnético son manifestaciones de un sólo campo, el campo electromagnético.

Si bien, lo más sorprendente e inesperado del trabajo de Maxwell era la relación que la luz tenía con el electromagnetismo, ya intuida por Faraday. La solución de las ecuaciones propuestas por Maxwell permitía la existencia de una onda que se propagaba a la velocidad de la luz⁵⁹³, ya que contienen una constante, c , que representa la velocidad a la cual se

⁵⁹² Gribbin, John .*Op.Cit.* Pág. 348

⁵⁹³ Medida y calculada con gran precisión por León Foucault (1819-1868) en el año 1862, su valor era de 298.000 km/s, sólo con un error del 1 por cien respecto a su valor actual que es de 299.792 km/s. La medición realizada por Foucault fue de gran valor en la teoría electromagnética de Maxwell.

desplazan las ondas electromagnéticas y está relacionada con las propiedades eléctricas y magnéticas de la materia. “*Esta velocidad se acerca tanto a la de la luz que, según parece, tenemos poderosas razones para concluir que la luz en sí misma (incluido el calor irradiado y otras radiaciones, si las hubiera) es una perturbación electromagnética en forma de ondas que se propagan a través del campo electromagnético según las leyes del electromagnetismo.*”⁵⁹⁴ Con lo cual, además de unir electricidad y magnetismo, une también la óptica al ser la luz en sí misma una onda electromagnética; prediciendo al mismo tiempo la existencia de otras radiaciones no visibles, es decir, otros tipos de ondas electromagnéticas con mayores longitudes de onda que la de la luz visible y proponiendo que el vacío existente entre los átomos estaba ocupada por un campo electromagnético, a través del cual la energía se movía a la velocidad de la luz. Estas propuestas iban a alterar sustancialmente la forma de vida al revolucionar en un futuro próximo el campo de la física, como se verá posteriormente. Si bien, en el fin de siglo se desarrolló una nueva tecnología basada fundamentalmente en el electromagnetismo y que cambiaría totalmente los sistemas y medios de comunicación de una manera radical. El nacimiento de las telecomunicaciones como forma de comunicación a distancia había comenzado con el telégrafo desarrollando otros sistemas y nuevos medios que en un futuro darían lugar a los medios de comunicación de masas.

⁵⁹⁴ Citado por Gribbin, John. *Historia de la ciencia*. Editorial Crítica. Barcelona 2003. Pág. 354. Extraído de *The Scientific Papers of J. Clerk Maxwell*, ed. W.D. Niven. CUP. Cambridge. 1890.

10-2-2 LA TELEGRAFÍA Y LAS ONDAS HERZIANAS: NUEVOS DESCUBRIMIENTOS ELECTROMAGNÉTICOS Y APLICACIONES TECNOLÓGICAS

Es interesante recordar que durante esta época la ciencia y la aplicación tecnológica caminaban unidas, una cosa llevaba a la otra con el único fin de la investigación científica y su demostración experimental. A primeros de siglo, antes de desarrollarse la teoría electromagnética, algunos científicos como Ampere, Weber o Gauss propusieron el telégrafo basándose en la experiencia de Oersted, donde el efecto magnético está asociado a las corrientes eléctricas. Este nuevo dispositivo de telecomunicaciones estaba destinado a la transmisión de señales a distancia, para lo cual se necesitaba una estación transmisora y otra receptora. En la estación transmisora había un interruptor conectado a una pila eléctrica, al cerrarse el interruptor circulará una corriente eléctrica por la línea (que es un conductor eléctrico que une el centro emisor con el receptor) y la corriente eléctrica transmitida activará un electroimán en el centro receptor atrayendo una pieza metálica que reproduce la señal original. En el año 1838 Samuel F. B. Morse (1791-1872) patentó un sistema de transmisión de señales telegráficas cuyo método se basaba en transmitir de forma individual las letras y los números con un código consistente en rayas y puntos. A partir de entonces se extenderían por todo el mundo los cables telegráficos, aéreos, terrestres y marinos, así como las compañías telegráficas: Electric Telegraph Company, Atlantic Telegraph Company, etc. La larga travesía del Atlántico quedaría reducida a breves instantes dando la posibilidad de comunicar cualquier noticia casi al mismo tiempo en cualquier lugar del planeta. La física de la electricidad y del magnetismo revolucionó el mundo de una manera extraordinaria y lo más sorprendente era que este fenómeno electromagnético se manifestaba materialmente por fuerzas no perceptibles por la vista. La transmisión

de una corriente eléctrica a través de un hilo conductor era totalmente invisible para el ojo humano, así como el campo electromagnético que se creaba.

El siguiente paso sería aún más asombroso ya que el medio físico de transporte (hilo conductor) desaparecería, quedando solamente una invisible señal electromagnética como portadora del mensaje enviado.

En 1887 Henrich Hertz (1857-1894) generó y detectó ondas electromagnéticas en su laboratorio por medio de una serie de experimentos que se basaban en los descubrimientos de Faraday sobre la inducción, donde un campo magnético en movimiento crea un campo eléctrico, y un campo eléctrico en movimiento crea un campo magnético; y en la teoría electromagnética de Maxwell principalmente.

En el más destacado de sus experimentos Hertz utilizó una bobina de inducción conectada a dos esferas metálicas separadas entre sí, haciendo un transmisor de señales electromagnéticas, sin embargo él aún no lo sabía. Estas señales se producirán al enviar impulsos eléctricos, a través de la bobina, a las esferas metálicas; cargándose una positivamente y otra negativamente. Una vez cargadas se descargarán a través de la bobina, que producirá a su vez nuevos impulsos eléctricos que volverán a cargar las esferas metálicas, repitiéndose periódicamente este proceso que produce una oscilación en la corriente y en la carga con una frecuencia determinada (en este caso de 100 Mhz) originando, como descubrió Hertz, ondas electromagnéticas. Cerca de este circuito transmisor Hertz colocó un segundo circuito, el receptor, análogo al primero a diferencia de la bobina, que en este caso era un sólo alambre sin espiras. Cuando la frecuencia de este circuito receptor se ajustaba a la frecuencia del circuito transmisor de éste fluía energía que llegaba al receptor, ya que Hertz observó un aumento considerable del voltaje entre las esferas metálicas del receptor al producirse chispas entre ambas esferas por la ionización del

aire. De la misma manera que un diapasón capta las ondas mecánicas a las que vibra otro similar entrando a su vez en vibración, el receptor capta las ondas electromagnéticas producidas por las oscilaciones del transmisor, realizándose una transferencia de energía del transmisor al receptor en forma de onda electromagnética⁵⁹⁵. Hertz formuló la hipótesis de que la energía transferida del transmisor al receptor es conducida en forma de ondas, estas ondas son las hoy conocidas como ondas electromagnéticas pero en su momento las predijo Maxwell sin llegar a demostrarlo experimentalmente. Con este experimento y otros donde demostró que la radiación generada por el transmisor tenía las propiedades de una onda: reflexión, refracción, difracción, polarización e interferencia; propiedades que también tiene la luz como forma de onda electromagnética variando sólo en su frecuencia y longitud de onda, como también predijo Maxwell; Hertz demostró y confirmó eficientemente la teoría electromagnética de Maxwell sobre la luz como forma de onda electromagnética y la existencia de otros tipos de ondas electromagnéticas con longitudes de onda mucho mayores que las de la luz visible y que en la actualidad llamamos ondas de radio. Las ondas eléctricas y magnéticas viajan a través del espacio a la velocidad de la luz, sin la necesidad de un soporte físico (a pesar de que en ese momento se pensaba que viajaban a través del éter) transportando la energía que se genera en el transmisor como fuente de radiación.

⁵⁹⁵ En un circuito L C, donde L es el inductor (campo magnético) y C el condensador (campo eléctrico), la energía se transfiere del campo eléctrico del condensador al campo magnético del inductor, repitiéndose este proceso en dirección contraria la energía se transferirá ahora desde el campo magnético del inductor al campo eléctrico del condensador volviéndose a cargar y repitiéndose el proceso. Al haber una continua transferencia de energía entre el inductor y el condensador se producen oscilaciones en la corriente y en la carga. La frecuencia de oscilación de un circuito LC se llama frecuencia de resonancia. *En Fundamentos de Física. Volumen 2.* Raymond. A. Serway; Jerry S. Fugh; Clement J. Moses. Editorial Thomson. Pág. 414.

10-2-3 LOS RAYOS X Y LA RADIOACTIVIDAD

El siguiente paso en la configuración del espectro de radiación electromagnética se llevó a cabo con el descubrimiento, de manera fortuita, de los rayos x. Lo que en realidad se estaba investigando era la emisión de los rayos catódicos, estos rayos se producían en unos tubos donde había aislado un gas a una presión muy baja junto con dos electrodos a los que se les suministraba energía eléctrica, creándose entre ellos una diferencia de potencial eléctrico que causaba una corriente de rayos entre los electrodos produciendo fluorescencia.

Faraday y otros científicos solían trabajar con botellas y tubos de vidrio a los que se les había intentan hacer el vacío introduciéndoles un gas además de uno o dos electrodos alimentados por una pila o batería. Su intención era estudiar los fenómenos eléctricos que ocurrían en su interior. Hacia 1860, Julius Plücker (1801-1868) catedrático de física de la Universidad de Bonn utilizó un nuevo tubo de vacío realizado a finales de 1850 por su convecino Heinrich Gleisser (1814-1879) en el cual había conseguido un vacío permanente en su interior. Plücker investigo la naturaleza de la incandescencia que se producía en el interior de estos tubos al alimentar los electrodos con una batería. Observó que extrayendo el gas del tubo la luminosidad que se producía en su interior iba desapareciendo progresivamente hasta que uno de los electrodos, el cátodo, quedaba rodeado por una luz que variaba de color según la naturaleza del gas contenido en el tubo; entre el cátodo y esa luz se encontraba una separación que ocupaba un espacio totalmente oscuro, cuando la presión del gas era muy débil ese espacio oscuro ocupaba todo el tubo iluminándose la región que estaba frente al cátodo. Este suceso fue atribuido a un flujo procedente del cátodo y en 1876 Eugen Goldstein (1850-1930) le dio el nombre de *rayos catódicos* comprobando que podían ser desviados por campos magnéticos, creyendo que eran ondas electromagnéticas similares a la luz.

Con la naturaleza de los rayos catódicos se estuvo especulando hasta final de siglo, muchos científicos se dedicaron a estudiar la radiación que se originaba en el cátodo, entre ellos estaba el científico alemán Wilhelm Conrad Röntgen (1845-1923) que a la edad de 50 años comenzó a investigar el comportamiento de los rayos catódicos con un tubo de vacío perfeccionado y recubierto con una cartulina negra con la idea de obstruir el paso de la luz incandescente producida en el interior del tubo. Con el laboratorio en total oscuridad y con una emisión de rayos catódicos en su interior del tubo se quedó sorprendido al ver un resplandor verde-amarillo en un cartón, emulsionado con cianuro de platino y bario, que estaba alejado del lugar donde se realizaba el experimento y fuera de la línea de impacto de los rayos catódicos. Percibía el resplandor en el cartón cuando el tubo estaba encendido y el resplandor desaparecía al desconectar el tubo y dejar de emitir rayos catódicos; alejando el cartón todo lo posible comprobó que la fluorescencia se seguía produciendo, los rayos catódicos creaban una radiación invisible y muy penetrante, atravesando capas de papel e incluso metales con menos densidad que el plomo. Intentó fotografiar este fenómeno pero las placas fotográficas estaban veladas, intuyendo que la causa era la acción de la radiación desconocida que procedía de los rayos catódicos. Para verificar la distancia de acción a la que llegaba la radiación realizó varios experimentos con placas fotográficas obteniendo resultados sorprendentes, el más asombroso fue cuando su mujer Berta colocó su mano sobre una placa fotográfica durante quince minutos y al ser revelada aparecieron los huesos de su mano. Fue la primera imagen radiográfica del cuerpo humano. La radiación descubierta era tan penetrante que atravesaba algunos tipos de sustancias y materiales, traspasando incluso la piel del cuerpo humano y revelando la estructura ósea interior. Al desconocerse su naturaleza se los denominó *rayos x*. Su descubridor Wilhelm Conrad Röntgen, así como la gran mayoría de los físicos, imaginaban que se trataba de algún tipo de radiación electromagnética al advertir que no se desviaban en presencia de campos

eléctricos o magnéticos y además se propagaban en línea recta, conociéndose su procedencia ya que se producían cuando los rayos catódicos incidían sobre las paredes de cristal de un tubo de vacío extendiéndose en todas las direcciones.

Los rayos x excitaron la imaginación de la sociedad europea finisecular induciendo a los científicos a investigar sobre ellos. El físico francés Henry Becquerel (1852-1908) tuvo noticias de los rayos x en la Academia Francesa de las Ciencias unos meses después del hallazgo de Röntgen, en junio de 1896, durante el transcurso de una reunión donde el físico y matemático Henri Poincaré (1854-1912) formuló la hipótesis de que si los rayos x producían fluorescencia, los objetos fosforescentes y fluorescentes, al irradiar luz en la oscuridad, conseguirían producir rayos x⁵⁹⁶. Con intención de comprobar esta hipótesis Röntgen comenzó a trabajar con objetos y materiales fosforescentes. Estos materiales al ser expuestos a la luz solar se cargaban de energía permitiéndoles relucir en la oscuridad durante periodo de tiempo, se creía que lo que tardaba en agotarse la energía solar que habían acumulado⁵⁹⁷.

Utilizando placas fotográficas cuidadosamente envueltas con papel negro, para así evitar su exposición a la luz y que las placas fueran veladas, planeo inducir la fosforescencia de la sal de uranio por medio de su exposición a los rayos solares y colocarlas sobre la placa fotográfica con la intención de que los rayos x emitidos por las sales fosforescentes, según creía él, expusieran la placa fotográfica sin la acción directa del sol. Una vez reveladas las placas fotográficas Becquerel comprobó que estas habían sido impresionadas por los rayos emitidos por la sal de uranio, creyendo así que la fosforescencia iba

⁵⁹⁶ Sánchez Ron, José Manuel. *Historia de la ciencia*. Colección Austral. Espasa Calpe. Madrid. 2003. Pág. 496.

⁵⁹⁷ La fluorescencia es la luminiscencia producida por determinados minerales cuando son expuestos a la acción de ciertos rayos (rayos x, ultravioleta, visibles, catódicos y radiactivos). Estas radiaciones son transformadas por el mineral en ondas luminosas de longitud de onda mayor que la de los rayos que inciden en él. A diferencia de los casos de luminosidad fosforescente, en la fluorescente la emisión luminosa cesa en el instante en que se suprime la luz excitante.

La fosforescencia es la luminiscencia producida por un mineral durante un tiempo más o menos largo, después de que ha cesado la fuente de radiación excitadora. Las sales de uranio son sustancias fosforescentes. En [http:// www. Newton.cenice.mec.es](http://www.Newton.cenice.mec.es). [23-10-2008] Proyecto Newton MEC. José Villasuso.

acompañada de rayos x. Sin embargo, Becquerel preparó otro experimento de la misma manera, pero durante varios días en el cielo de París las nubes impidieron que el sol apareciera, las sales de uranio y las placas fotográficas estuvieron guardadas en el mismo cajón durante este tiempo y Becquerel, cansado de esperar, decidió revelar las placas con la sorpresa de que estas tenían un índice de exposición similar a las placas de los experimentos anteriores, aunque en ellas no intervino el sol ni ninguna fosforescencia visible; *“las sales producían energía a partir de nada, cosa que contradecía uno de los dogmas más sagrados de la física: la ley de la conservación de la energía.”*⁵⁹⁸ Becquerel comprobó que la radiación se desviaba en presencia de un campo magnético, con lo cual no eran rayos x sino otro fenómeno donde había partículas cargadas.

Estos descubrimientos interesaron mucho a Marya Sklodowska que estudiaba física y matemáticas en La Sorbona y que poco tiempo después sería conocida como Marie Curie. Partiría de los hallazgos de Becquerel para la realización de su tesis doctoral, descubriendo que el torio también exponía la placa fotográfica de igual manera que el uranio. Acuñó para esta nueva radiación el nombre de radiactividad y en 1898 halló más radiactividad en la pechblenda, mineral del que se extrae el uranio, que en el propio uranio; deduciendo que tendría que contener otro elemento altamente radiactivo. Este descubrimiento estimuló a su marido Pierre Curie, que abandonó sus investigaciones sobre los materiales magnéticos y uniéndose a la investigación de Marie descubrieron la existencia de dos nuevos elementos el polonio y el radio, consiguiendo aislar el radio y encontrando su lugar en la tabla periódica. Además, midieron la cantidad de energía que producía, dándose cuenta del constante flujo de energía sin fin que supuestamente radiaba del elemento; comprobando que el polonio y el radio eran más radiactivos que el

⁵⁹⁸Gribbin, John. *Historia de la ciencia*. Editorial Crítica. Barcelona. 2003. Pág. 407.

uranio y el torio, ya que estos últimos necesitaban mucho más tiempo para impresionar placas fotográficas y obtener los mismos resultados que se conseguían con el polonio y el radio.

El mundo subatómico comenzará a descubrirse tímidamente, los rayos catódicos conducirán a Röntgen al encuentro con los rayos x y estos posibilitarán el hallazgo de la radiactividad gracias a los trabajos e investigaciones desarrolladas por Becquerel y el matrimonio Curie. Al desconocerse aún la naturaleza de estos fenómenos, ignorándose si estaban producidos por ondas o por partículas, la investigación prosiguió, descubriéndose en el año 1897 la primera partícula elemental por Joseph J. Thomson (1856-1940). *“La suposición de que exista un estado de la materia más finamente dividido que el átomo es en cierto modo sorprendente”*⁵⁹⁹ las palabras de Thomson daban por sentado la división del átomo, rompiendo así con la indivisibilidad de la teoría atómica que procedía de la antigua Grecia y era uno de los principios postulados por Dalton en el primer enfoque moderno de la teoría atómica.

Thomson descubrió el electrón cuando estaba estudiando la naturaleza de los rayos catódicos. Haciéndolos pasar por la combinación de un campo eléctrico y un campo magnético observó que el campo eléctrico desviaba los rayos catódicos hacia la placa positiva que generaba el campo, deduciendo que los rayos deberían estar formados por partículas cargadas, todas idénticas y con igual carga y masa⁶⁰⁰. A estas partículas las denominó *corpúsculos*, averiguando, en 1899 su carga eléctrica, permitiéndole obtener así un valor para su masa y comprobando que ésta es inferior, aproximadamente mil veces, a la del

⁵⁹⁹ Bragg, W. G. Porter, eds. *The Royal Institution Library of Science*, vol 5. Elsevier, Amsterdam, 1970. citado en Gribbin, John. *Historia de la ciencia*. Editorial Crítica. Barcelona 2003. Pág. 402.

⁶⁰⁰ Para estudiar con más detalle el experimento de Thomson consultar *Física para la ciencia y la tecnología*, volumen 2. Paul A. Tipler, Gene Mosca. Editorial Reverté. Barcelona 2003. Pág. 1046.

átomo de hidrógeno; por ello son “*una parte de la masa del átomo que se libera y queda separada del átomo original*”⁶⁰¹. La relación carga-masa era idéntica con cualquier material utilizado como cátodo, por tanto estas partículas son un componente fundamental de toda la materia y recibirían el nombre de *electrones*. Había nacido la física de partículas o de altas energías.

Tras este descubrimiento Thomson propuso un modelo atómico primario, conocido como *pastel de pasas*, en el que toda la materia del átomo permanecía en una esfera central cargada positivamente sobre la que flotaban, como si se trataran de pasas sobre un pastel, los electrones cargados negativamente. Este modelo pronto fue abandonado, sin embargo se utilizó de base en las investigaciones posteriores que permitirían establecer el concepto de átomo estructurado con un núcleo central y una corteza electrónica. Sería un joven alumno de Thomson el que a principios del siglo XX propondría un modelo planetario para el átomo. Ernest Rutherford (1871-1937) investigó junto a Thomson la forma en que los rayos x ionizaban los gases, concluyendo que estos eran una forma de onda electromagnética de energía mayor que la luz, que estarían más allá del extremo de longitudes de onda largas del espectro visible, en lo que sería una primigenia configuración del espectro electromagnético. Seguidamente investigó la radiación emitida por sustancias radiactivas descubierta por Becquerel llegando a observar la emisión de dos tipos de radiación: *radiación alfa* y *radiación beta*, esta última con un poder de penetración mucho mayor. Midiendo la relación entre carga y masa averiguo que los rayos beta eran electrones moviéndose a gran velocidad, similares a los rayos catódicos pero con más energía. Posteriormente, en el año 1900, descubrió un tercer tipo de radiación, la *radiación gamma* de naturaleza electromagnética y más energética que otras radiaciones conocidas.

⁶⁰¹ Bragg, W. G. Porter, eds. *The Royal Institution Library of Science*, vol 5. Elsevier, Amsterdam, 1970. citado en Gribbin, John. *Historia de la ciencia*. Editorial Crítica. Barcelona 2003. Pág. 402.

Poco a poco se configuraba lo que hoy se conoce como *el espectro electromagnético* donde los diversos tipos de ondas electromagnéticas (rayos gamma, rayos x, radiación ultravioleta, luz, radiación infrarroja, ondas de radio cortas y largas, etc.) están asociadas a sus longitudes de onda y frecuencias, que son inversamente proporcionales entre sí. Las ondas son más energéticas cuanto mayor sea su frecuencia, o menor su longitud de onda. El espectro electromagnético abarca todas las longitudes de onda y frecuencias conocidas y como posteriormente se analizará, nos permite, entre muchas otras aplicaciones, entender cómo realizar fotografías en distintas longitudes de onda, permitiéndonos observar fuera de lo que es el rango visible. Uno de los objetivos de esta tesis es la interpretación, desde un punto de vista distinto al científico, de las fotografías realizadas con diferentes longitudes de onda y la manera que éstas nos muestran un mundo oculto a nuestra percepción, aunque real y tangible gracias a los descubrimientos y a las aplicaciones tecnológicas desarrolladas por la ciencia.

Ya en el siglo XX, en 1911, Rutherford desarrolló, a través de uno de los experimentos más asombroso de la ciencia, un nuevo modelo atómico que sería mejorado por Bohr, como veremos el siguiente apartado. Para finalizar este siglo analizaré el desarrollo de la espectroscopia, una rama de la física fundada por Isaac Newton (1642- 1727), que permitió estudiar la composición de los cuerpos celestes y originó el comienzo de la astronomía moderna: la astrofísica.

10-2-4 ESPECTRSCOPIA Y ASTROFÍSICA

Desde la antigüedad la astronomía ha ejercido en el ser humano una atracción sin precedentes, siendo esta una de las primeras disciplinas científicas creadas. Durante siglos el estudio de los astros estuvo centrado principalmente en el movimiento de los cuerpos celestes ; Tolomeo de Alejandría y su *Almagesto* ; Copérnico y *De Revolutionibus Orbium Coelestium* (*Sobre la revolución de las esferas celestes*); Tycho Brahe y *Astronomiae Instauratae Progymnasmata* (*Introducción a la nueva*

astronomía) ; Kepler y *Harmonice Mundi* (*La armonía del mundo*) y *Epítome de la astronomía copernicana* ; Galileo y sus *Dialogo sobre los dos sistemas máximos del mundo*; *Consideraciones y demostraciones matemáticas sobre dos ciencias nuevas*; la gran obra de Newton *Philosophiae Naturalis Principia Matemática* o *Catalogue of the Southern Stars* de Edmond Halley. Estos y otros libros escritos a lo largo de la historia desarrollan modelos que intentan explicar las leyes que gobiernan el Universo demostrando su naturaleza ordenada y descubriendo el lugar que ocupa en el Universo la especie humana; además de calcular las distancias que nos separan de las estrellas con la intención de descubrir la inmensidad del espacio. Sin embargo era inimaginable viajar a través del espacio para poder determinar la composición de las estrellas, ni tan siquiera acercarnos a los planetas más cercanos para ver cómo y de qué están formados.

Durante años se habían acumulado observaciones sobre la luz emitida por los gases creyendo que ahí se encontraban los secretos de los átomos. En 1752, el físico escocés Thomas Melvill (1694 - 1753) mostró las radiaciones emitidas por los cuerpos sólidos y por los líquidos cuando se calentaban a una temperatura lo suficientemente alta; para lo cual calentó sal común (cloruro de sodio) produciendo vapor de gas de sodio e hizo pasar por un prisma la luz emitida por la llama de gas de sodio, observando que el espectro de luz emitida por ese gas estaba formado por una serie de líneas brillantes, en concreto dos líneas brillantes muy intensas que corresponden a la banda amarilla del espectro visible. Posteriormente Joseph von Fraunhofer (1787-1826) advirtió, en el espectro de la luz procedente del sol, un número muy elevado de líneas más oscuras, unas seiscientas, cuya explicación apareció posteriormente al conocerse los espectros de absorción de cada elemento químico; suponiéndose que las rayas eran debidas a la absorción de las radiaciones correspondientes por elementos presentes en el

trayecto de la luz en las proximidades del Sol o cerca de la Tierra. Estas líneas se conocen como *Líneas de Fraunhofer* y constituyen la base de la espectroscopia astrofísica⁶⁰².

En la década de 1860 Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887) y Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899) se dedicaron a el análisis de sustancias químicas a través del espectro que producían éstas al quemarlas con un mechero desarrollado por Bunsen con la intención de “*descubrir nuevos elementos desapercibidos hasta ahora por los químicos*”⁶⁰³ reconociendo el potasio, sodio y litio y descubriendo el rubidio. Posteriormente otros científicos identificarían elementos como el talio, indio, helio⁶⁰⁴, galio, escandio y germanio; utilizando la técnica de análisis espectral. Observando el espectro solar Kirchhoff se dio cuenta de que “*no vemos el espectro de la atmósfera solar por sí mismo, sino su imagen negativa. Esta circunstancia permite determinar con igual exactitud la naturaleza la naturaleza de los metales contenidos en esta atmósfera, para lo cual basta tener*

⁶⁰² Cuando la luz blanca pasa a través de un prisma óptico se produce una dispersión de esta, separándose en las distintas longitudes de onda que forman el rayo incidente y configurando un espectro continuo compuesto por el conjunto de colores correspondiente a la gama de longitudes de onda que integran la luz blanca. Todos los cuerpos de la naturaleza en determinadas condiciones pueden emitir energía en forma de radiación o absorber la radiación que emiten otros cuerpos, asimilando energía.

Cuando un elemento químico en estado gaseoso se somete a una temperatura elevada y su espectro de luz emitida se examina a través de una estrecha ranura y un prisma se observa que el espectro es discontinuo, apreciándose un conjunto de líneas espectrales que corresponden a emisiones de sólo algunas longitudes de onda. Este espectro discontinuo formado por líneas brillantes definidas se denomina espectro de emisión y es diferente para cada uno de los elementos. Es decir, cada elemento tiene su espectro de emisión característico; incluso si el elemento formara parte de un compuesto complejo cada uno de los elementos del compuesto producirá su propio espectro de emisión diferente al de cualquier otro elemento. Si hacemos pasar la luz blanca a través de un elemento químico en estado gaseoso frío (sin excitar el gas) antes de atravesar el prisma sólo pasarán aquellas longitudes de onda que no hayan sido absorbidas por dicho elemento en estado gaseoso obteniendo el espectro de absorción del elemento al atravesar el prisma ya que se observa un espectro de líneas oscuras en el cual faltan líneas coincidentes con las líneas brillantes del gas caliente. Llegando a la conclusión de que el gas frío (no excitado) absorbe luz a las mismas frecuencias a las que ese gas emitía luz al ser calentado. Cada elemento químico tiene su propio espectro de absorción que se corresponde con su espectro de emisión de la misma manera que un positivo fotográfico se corresponde con su negativo fotográfico. Cada elemento absorbe las mismas longitudes de onda que es capaz de emitir.

⁶⁰³ Citado por Sánchez Ron, José Manuel. *Historia de la ciencia*. Colección Austral. Espasa Calpe. Madrid. 2003. Pág. 503.

⁶⁰⁴ El helio ya había sido detectado en las protuberancias solares en 1868 por Norman Lockyer y Edward Franklan utilizando las Líneas de Fraunhofer y en 1895 se detectaría en la tierra por William Ramsay.

*un conocimiento profundo del espectro solar, y de los producidos por cada uno de los diferentes metales*⁶⁰⁵. Era la primera vez que se podía estudiar la composición de los cuerpos celestes avanzando solamente la luz que de ellos se recibe con lo cual “*ya no será necesario tocar un cuerpo para determinar su naturaleza química: bastara con verlo*”⁶⁰⁶. En la actualidad la espectroscopia estudia la interacción entre la radiación electromagnética y la materia obteniendo espectros, por medio de los espectroscopios, de la radiación emitida o absorbida por los elementos y los cuerpos. El análisis espectral supone un apoyo muy importante para comprender la composición del Universo y la estructura de los átomos.

ESTRUCTURA ATOMICA –TEORIA ELECTROMAGNÉTICA S XIX

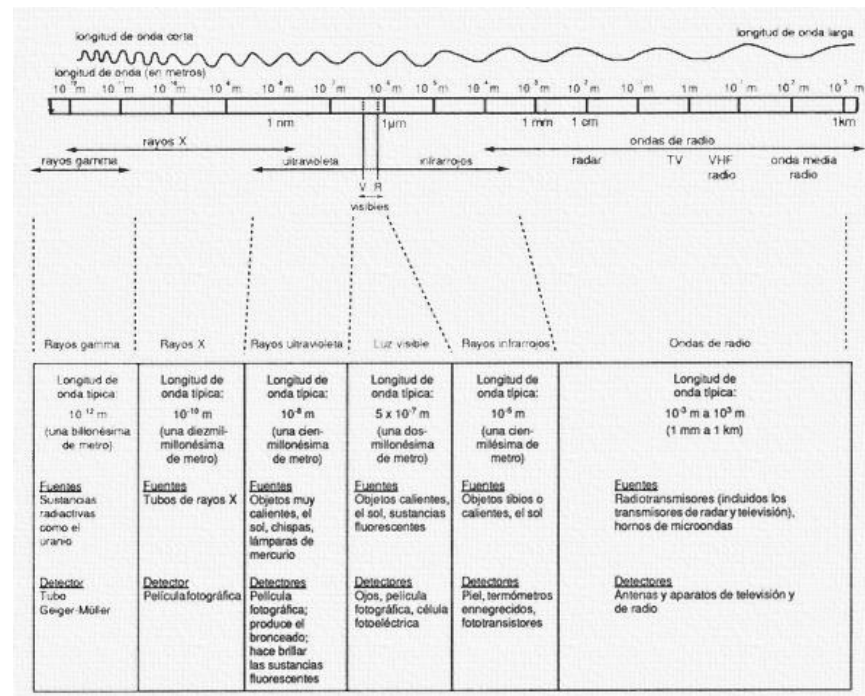
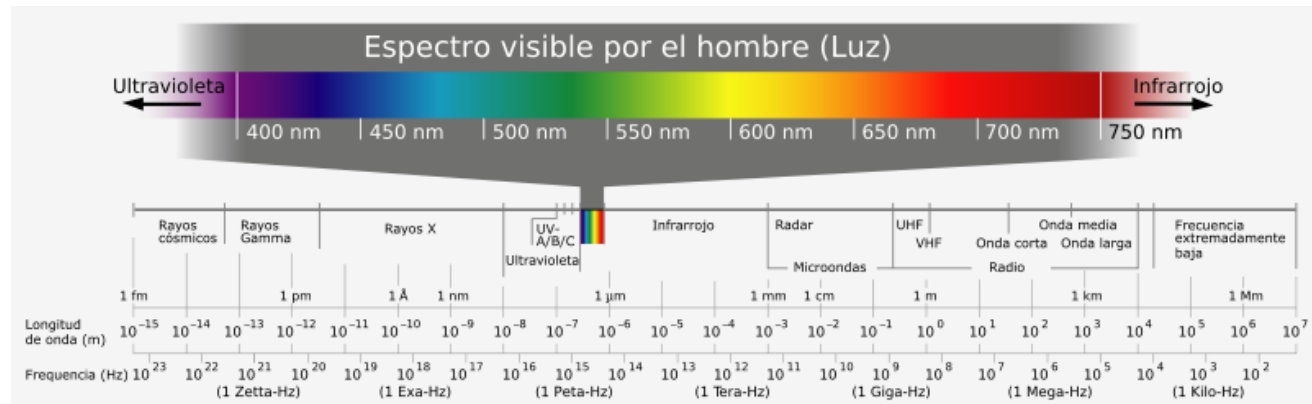
CONFIGURACIÓN DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO

| AÑO | CIENTÍFICOS | DESCUBRIMIENTOS | PUBLICACIONES |
|------|---|---|--|
| 1800 | William Herchel (1738-1822) | Rayos calóricos Radiación infrarroja IR | |
| 1801 | Johann Wilhelm Ritter (1776-1810) | Rayos químicos Radiación ultravioleta UV | |
| 1803 | John Dalton (1766-1844) | Teoría atómica Dos sustancias químicas: -compuestos -elementos. Átomo partícula más pequeña | A new system of chemical philosophy (1808) |
| 1811 | Amadeo Avogadro (1776-1856) | Concepto de molécula como agregado de átomos | |
| 1820 | Christian Oersted (1777-1851) | Relación entre fenómenos eléctricos y magnéticos | |
| 1831 | Michael Faraday (1791-1867) | Inducción electromagnética Conceptos de línea y campo de fuerza | |
| 1833 | Johann Carl Gauss (1777-1855) Wilhelm E. Weber (1804-1891) | Línea telegráfica de 1,5 Km de longitud. Anteriormente se habían construido de una longitud muy corta | |
| 1838 | Samuel F.B_Morse | Patenta el sistema de | |

⁶⁰⁵ Citado por Sánchez Ron, José Manuel.*Op Cit.* Pág. 505.

⁶⁰⁶ Citado por Sánchez Ron, José Manuel.*Op Cit.* Pág. 506.

| | | | |
|------|--|--|---|
| | (1791-1872) | señales telegráficas código Morse | |
| 1849 | León Foucault (1819-1868) Armand Fizeau (1819-1896) | Medición de la velocidad de la luz . 298.000 kilómetros por segundo. No se sabía que era la luz | |
| 1859 | Julius Plücker (1801- 1868) | Rayos catódicos | |
| 1861 | James Clerk Maxwell (1831-1879) | Ecuaciones de Maxwell: Expresión matemática del comportamiento del campo electromagnético. Demostración campo eléctrico campo magnético un sólo campo: campo electromagnético. La luz como forma de onda electromagnética | Artículos: Sobre las líneas físicas de fuerza (1861-62). Una teoría dinámica del campo electromagnético (1864). <i>A Treatise on Electricity and Magnetism Tratado sobre electricidad y magnetismo</i> 1873. Primera formulación rigurosa del electromagnetismo |
| 1869 | Dmitri Mendeleiev (1834-1907) | Tabla periódica de los Elementos. Nuevo sistema de clasificación donde las propiedades de los cuerpos simples están relacionadas de manera periódica con sus pesos atómicos | <i>Osnov Khimii. Principios de Química</i> (1869) |
| 1887 | Heinrich Hertz (1857-1894) | Genera y detecta ondas electromagnéticas en su laboratorio. Demostración de la teoría electromagnética de Maxwell | |
| 1895 | Wilhelm C. Röntgen (1845- 1923) | Rayos X | Fotografías por Rayos X (radiografías) |
| 1896 | Henri Becquerel (1852-1908) | Radiactividad | |
| 1897 | Joseph Thomson (1856-1940) | Identificación de la primera partícula elemental: el electrón. Inicio de la física de altas energías o de partículas Primer modelo atómico: <i>pastel de pasas</i> | |
| 1898 | Marie Skłodowska-Curie (1867-1934) Pierre Curie (1859-1906) | Polonio y Radio. Radiactividad | |



10-3 MECÁNICA CUÁNTICA

10-3-1 PLANCK Y LOS CUANTOS. LA RADIACIÓN DEL CUERPO NEGRO.

La física en el siglo XIX planteó cambios importantes en diversas ramas⁶⁰⁷, dinamizándose al final de siglo y llevándola a una situación de cambio continuo que estallaría a principios del siglo XX, sin embargo los científicos no pudieron explicar, a través de la aplicación directa de la física clásica⁶⁰⁸, una serie de fenómenos ocurridos en el desarrollo de experimentos como: el efecto fotoeléctrico, la radiación del cuerpo negro y los espectros ópticos de líneas brillantes. En todos ellos se producía una interacción de la radiación con la materia dando unos resultados que no tenían explicación aparente, llegando incluso a la paradoja de la *catástrofe ultravioleta*; con lo cual se tuvieron que desarrollar nuevas ideas para poder explicar y predecir los fenómenos a escala atómica.

⁶⁰⁷ Paradójicamente en ese momento se creía que la física ya había desvelado casi todos los problemas sobre la naturaleza de la materia. Un profesor de física de la Universidad de Munich le comento a Planck que “*los principios de la física estaban a punto de ser resueltos por completo*”. citado por Watson, Peter. *Historia intelectual del siglo XX*. Editorial Crítica. Barcelona. 2000. Pág. 34

⁶⁰⁸ La física nace con la intención de investigar el origen de las cosas, aunque en la actualidad se define como una ciencia experimental que describe los fenómenos naturales e investiga las Leyes que los rigen admitiendo dos postulados: 1) los fenómenos naturales se rigen por leyes. 2) el ser humano es capaz de descubrirlas, comprenderlas y utilizarlas para su supervivencia.

En un principio la física se centró en los fenómenos percibidos por cada uno de nuestros sentidos dando lugar a diversas ramas de estudio que acabarían configurando lo que hoy se conoce como física clásica, integrada por: la óptica que estudia los fenómenos relacionados con la luz; la acústica con el sonido; la mecánica que estudia los movimientos y las energías asociadas a los mismos; la termodinámica como prolongación de la mecánica y se centra en la interconversión de formas de energía entre sí y el electromagnetismo, unión de los fenómenos eléctricos y magnéticos propuesta magistralmente por Maxwell. La física clásica está basada en las leyes del movimiento y la gravedad de Newton y hasta finales del s XIX sus postulados eran los siguientes: 1) el universo era entendido como un sistema donde el espacio y el tiempo eran absolutos; 2) todo movimiento tenía una causa (causa-efecto); 3) conociendo el estado de movimiento en un momento es posible determinarlo en cualquier otro momento, pasado o futuro, esto es el determinismo; 4) la luz es una forma de onda electromagnética; 5) dos modelos, que se excluyen mutuamente, para explicar la energía en movimiento: las partículas y las ondas; 6) se pueden medir con total precisión las propiedades de un sistema. Estos postulados son válidos en los fenómenos que suceden a una escala relativamente cercana: en nuestra vida cotidiana, en la tierra o en el sistema solar; pero a escala atómica parece que nada de esto funciona. El desarrollo de la física decimonónica, principalmente el electromagnetismo y la radiactividad, propició problemáticas y contextos que dieron origen a la física moderna: la cuántica y la relatividad, quebrándose los postulados newtonianos.

En Sánchez Ron, José Manuel. *Op. Cit.* Pág. 517.

Lévy Éli. *Diccionario Akal de Física*. Ediciones Akal. Madrid.1992.

Comenzaremos con la radiación del cuerpo negro, al fin y al cabo los historiadores de la ciencia toman como punto de partida de la física cuántica la idea de *cuánto* de energía propuesta por Max Planck (1858-1947) en el año 1900.

Estudiando el problema del equilibrio entre radiación y materia y sabiendo que *“la física clásica no podía ofrecer ninguna solución a este problema, puesto que con ella se llega a que a partir de un cierto momento toda la energía será transferida de la materia a la radiación”*⁶⁰⁹ produciéndose una continua transformación de energía en radiación con el consecuente desequilibrio del sistema. Planck busco una nueva constante *“que asegure que la energía se desintegre”*;⁶¹⁰ para ello partió de las dos leyes de la termodinámica; la primera, propuesta en 1847 por Hermann von Helmholtz (1821-1894), es la ley de la conservación de la energía: siempre que una determinada cantidad de energía desaparece en un lugar, una cantidad equivalente debe aparecer en algún otro lugar del mismo sistema; y la segunda, propuesta por Rudolf Clausius (1822-1888) en 1850, postula que la entropía de un sistema aislado siempre aumenta, alcanzando su valor máximo en el punto de equilibrio térmico, es decir, cuando todos los cuerpos del sistema tienen la misma temperatura. Además continuó con las investigaciones que en 1860 había comenzado Gustav R. Kirchhoff (1824-1887) tratando de encontrar una ley para explicar la distribución de la radiación en función de la temperatura en el interior de un cuerpo negro⁶¹¹.

⁶⁰⁹ Carta escrita por Planck a R. W. Wood en 1931. Citado por Sánchez Ron, José Manuel. *Op. Cit.* Pág. 519.

⁶¹⁰ Sánchez Ron, José Manuel *Op. Cit.* Pág. 519.

⁶¹¹ En termodinámica un cuerpo negro es un objeto teórico o ideal que absorbe toda la luz y la energía radiante que incide sobre él, es decir absorbe todas las radiaciones que recibe. Nada de la radiación incidente se refleja o pasa a través del cuerpo negro, si se le hiciera una pequeña abertura se escapará la radiación emitida por las paredes siendo esta la radiación del cuerpo negro.

Poco antes los físicos ingleses Lord Rayleigh (1842-1919) y Sir James Jeans (1877-1946) estudiaron el problema de la radiación del cuerpo negro de la misma manera que Maxwell desarrolló su teoría cinética de los gases en 1895⁶¹², utilizando para el cálculo ondas electromagnéticas en lugar de moléculas y desarrollando una ecuación que funcionaba bien para frecuencias bajas, sin embargo para altas frecuencias la intensidad se hacía infinita. Este fenómeno en la práctica equivaldría a sentarse delante de una chimenea y carbonizarse, por ello se le llamó *catástrofe ultravioleta*.

Planck buscó un modelo matemático, en el cual coincidiera la teoría y la práctica, con la intención de calcular cual era la intensidad de la radiación para cada longitud de onda o color, a una temperatura determinada, que salía por un pequeño agujero del interior de un cuerpo negro; independientemente del tamaño, forma o material de ese cuerpo. Se propuso demostrar la fórmula de Wein,⁶¹³ pero como experimentalmente se comprobó que la ecuación fallaba para las bajas frecuencias, es decir en la región infrarroja, Planck “*tuvo que suponer una nueva expresión para la entropía de un oscilador*”⁶¹⁴ aunque no tenía una justificación teórica clara sobre ella,⁶¹⁵ sin embargo creó una versión modificada de la fórmula de Wein que se ajustaba a los

⁶¹² Maxwell imagino que un gas estaba formado por billones de moléculas, que en el interior de un recipiente se mueven rápidamente de manera aleatoria, chocando entre si y contra las paredes del recipiente. Al ser calentado se moverían a mayor velocidad aumentando la frecuencia de choque. Maxwell recurrió a promedios estadísticos para calcular la probable distribución de las velocidades de las moléculas, partiendo de que las partículas se mueven de manera uniforme en el espacio independientes unas de otras y sin dirección preferente calculó la probabilidad de que una molécula, elegida al azar, tuviera una determinada velocidad. Con ello desarrolló la curva de la distribución de Maxwell que muestra la velocidad de las moléculas en unidades arbitrarias en función de la temperatura. En *Teoría cuántica para principiantes*. J. P. McEvoy, Oscar Zárate, Era Naciente. Buenos Aires. Argentina 1998.

⁶¹³ Wilhelm Wein demostró, en 1894, que si la distribución espectral de la radiación del cuerpo negro era conocida para una temperatura, podría ser deducida para cualquier otra. Sin embargo la ley de Wein se apoyaba sobre argumentos teóricos poco convincentes. En *Generaciones Cuánticas. Una historia de la física del siglo XX*. Helge Kragh. Ediciones Akal. Madrid 2007.

⁶¹⁴ Kragh, Helge. *Op Cit*. Pág. 61

⁶¹⁵ Al no querer saber aún nada sobre los átomos Planck propuso que en las paredes del cuerpo negro existían un conjunto de osciladores eléctricos que vibraran al aumentar la temperatura, esperando que la frecuencia promedio aumentara a más altas temperaturas hasta alcanzar el equilibrio térmico. Como la teoría electromagnética no tenía ninguna respuesta sobre la distribución de la energía en equilibrio Planck formuló algunos supuestos que relacionaban la energía promedio de los osciladores con su entropía. En *Teoría cuántica para principiantes*. J. P. McEvoy, Oscar Zárate, Era Naciente. Buenos Aires. Argentina 1998. Págs. 35-36.

datos experimentales y que valía para todo el rango de frecuencias o longitudes de onda. Los intentos de Planck por explicar la ley de Wein, por medio de los postulados de la física clásica (electromagnetismo y termodinámica) y rechazando la, cada vez más evidente teoría atómica, acabaron en una nueva ley de radiación del cuerpo negro que se ajustaba a la intensidad de la radiación emitida por el cuerpo en cualquier frecuencia, si bien, no explicaba lo que realmente ocurría en su interior. Por lo cual Planck tuvo que adoptar un enfoque totalmente nuevo, aceptando, con reservas, la existencia de los átomos y utilizando la formulación estadística propuesta en 1877 por Ludwig Boltzmann (1844-1906), que siempre había rechazado, ya que debía asumir probabilidades en lugar de certidumbres.⁶¹⁶ La estadística de Boltzmann la utilizó para entender la interacción de la radiación con los osciladores (átomos) de las paredes del cuerpo negro considerando la relación entre entropía y probabilidad, obteniendo la energía total si elegía unidades de energía proporcionales a las frecuencias del oscilador resultando la ecuación $E = h \times f$; donde f es la frecuencia y h una constante cuyo valor disminuirá hasta llegar a cero, pero llevando a cero h la ecuación derivada no funcionaba, sin embargo, si h no era igual a cero obtenía la fórmula propuesta por él que se obtenía de la fórmula de Wein modificada que, como se comentó anteriormente, se ajustaba a los datos experimentales y que valía para todo el rango de frecuencias o longitudes de onda. Esto, en la práctica, implicaba que los osciladores no podían absorber o

⁶¹⁶ Boltzmann expuso una ley de distribución por probabilidades aplicable a cualquier conjunto de entidades que tuvieran libertad de movimiento, fueran independientes entre sí e interactuaran de forma aleatoria. Suponiendo que cuando un sistema alcanza el equilibrio térmico la energía se dividirá en partes iguales, Boltzmann reinterpretó la segunda ley de la termodinámica: cuando la energía de un sistema se degrada los átomos del sistema se desordenan aun más y crece la entropía; pero es posible medir ese desorden. Equivale a la probabilidad del sistema en cuestión, definida como el número de formas en las que puede estructurarse a partir de su conjunto de átomos. Proponiendo en 1877 una relación matemática entre la entropía de un sistema en un estado macroscópico determinado y la probabilidad termodinámica de ese estado. Para lo cual utilizó una constante universal (k), denominada actualmente constante de Boltzmann. La relación que formuló admite que las propiedades termodinámicas macroscópicas de un sistema, que se desprenden del valor de su entropía, dependen en definitiva del movimiento de sus corpúsculos, constituyentes ya que la probabilidad depende de él. En *Teoría cuántica para principiantes*. J. P. McEvoy, Oscar Zárate, Era Naciente. Buenos Aires. Argentina 1998. Pág. 24 y en Lévy Éli. *Diccionario Akal de Física*. Ediciones Akal. Madrid. 1992. Pág. 105.

emitir cualquier cantidad de energía, según mostraban los desarrollos clásicos, sino sólo cantidades múltiplos de una unidad elemental de valor $E = h \times f$. A esta unidad elemental se la llamo *quantum* (*cuanto de energía*).

Este método matemático propuesto proporcionaba un fundamento teórico para su ley de radiación ya que si “*se aplica semejante método al equilibrio entre la materia y la radiación, se encuentra que se puede evitar la continua transformación de energía en radiación suponiendo que la energía está obligada, desde el comienzo, a permanecer agrupada en ciertos cuantos.*”⁶¹⁷ Con ello “*Planck supuso que la radiación se emitía y absorbía por un cuerpo negro en cuantos de energía, hf , pero él consideraba su hipótesis como un elemento de cálculo y no como una propiedad fundamental de la radiación electromagnética.*”⁶¹⁸

En ese momento pensar que la energía era discontinua chocaba con la idea de energía establecida, que suponía que la energía podía existir en cualquier cantidad y no sólo en cantidades discretas; incluso Planck y sus colegas “*no consideraban los cuantos de energía como algo real, sino como un artificio matemático temporal que desaparecería cuando se desarrollara un modelo mejor*”⁶¹⁹. No se entendía el significado real de *cuanto de energía*, se creía que los átomos podían tener cualquier energía y la realidad física de la discontinuidad energética no era tomada en serio por ningún científico, salvo por uno que estaba pendiente de los desarrollos y formulaciones propuestas por Planck, para elaborar su ley de radiación del cuerpo negro, y de lo que ocurría cuando la luz interacciona con la materia⁶²⁰.

⁶¹⁷ Sánchez Ron, José Manuel. *Op Cit.* Pág. 519.

⁶¹⁸ Paul A. Tipler, Gene Mosca. *Física para la ciencia y la tecnología*, volumen 2 Editorial Reverté. Barcelona 2003. Pág. 1042.

⁶¹⁹ Gribbin, John. *Historia de la ciencia*. Editorial Crítica. Barcelona 2003. Pág. 417.

⁶²⁰ Hertz observó por primera vez, en 1887, que al chocar la luz sobre una placa metálica se desprendía radiación. En 1899 esa radiación fue identificada por Thomson como haces de electrones ya que su relación causa/masa era igual a la de los rayos catódicos. Este fenómeno fue bautizado como el efecto fotoeléctrico

10-3-2 EINSTEIN Y EL EFECTO FOTOELÉCTRICO

Albert Einstein (1879-1955) publica en 1905 tres artículos, en el numero diecisiete de la revista *Annalen der Physik*, que harán cambiar de manera radical el curso de las ciencias físicas así como la forma de percibir el mundo. Su primer artículo: *Sobre un punto de vista heurístico relativo a la producción y transformación de la luz* “trata de la radiación y de las propiedades energéticas de la luz. Es muy revolucionario”⁶²¹, contradiciendo tímidamente la teoría ondulatoria de Maxwell y destacando algunos fallos en la ley de Planck. Sus revolucionarias ideas se intuyen desde el principio del artículo: “*Ciertamente, me parece que las observaciones asociadas a la radiación negra, la fotoluminiscencia, la producción de rayos catódicos por luz ultravioleta y otros grupos de fenómenos relacionados con la producción o la transformación de la luz pueden entenderse mejor si se supone que la energía de la luz está distribuida discontinuamente en el espacio. De acuerdo con la hipótesis que vamos a admitir en este trabajo, cuando un rayo de luz emerge desde un punto, la energía no está continuamente distribuida sobre un espacio cada vez mayor, sino que consiste en un número finito de cuantos de energía que están localizados en puntos del espacio, que se mueven sin dividirse, y que sólo pueden ser absorbidos o producidos como un todo*”⁶²²

Einstein volverá a utilizar la fórmula de Boltzmann sobre la entropía de un sistema de partículas en términos de probabilidad, aplicándola a un gas ideal al que modifica su volumen con el fin de observar la variación de la entropía, y la formula de Wein, válida para las altas frecuencias, para hallar la radiación en un proceso similar, realizando una analogía entre

⁶²¹ En una carta a su amigo Conrad Habicht .Citado en Investigación y ciencia. Temas 40 Einstein.2005. Pág. 4.

⁶²² Citado por Navarro Vegailla, Luis. “*Einstein y los comienzos de la física cuántica: de la osadía al desencanto*”. Publicado en Investigación y Ciencia, Noviembre 2004. En *Einstein. Vida, pensamiento y obra*. Colección Grandes pensadores. Editorial Planeta Agostini, Madrid. 2008. Pág. 167.

radiación y gas de partículas materiales (clásico) con la intención de comprender como y hasta que limite la termodinámica se puede extender a la radiación. La conclusión a la que llego fue que la radiación térmica de una determinada frecuencia, tal como determina la fórmula de Wein, “se comporta, desde el punto de vista de la termodinámica estadística, como si estuviera compuesta de puntos materiales de energía $h \times f$ ”⁶²³. La hipótesis de que la radiación se comporta de manera termodinámica le lleva a la conclusión de que toda radiación electromagnética, incluida la luz, viaja en paquetes de energía o cuantos iguales a hf . Esta formula es similar a la propuesta anteriormente por Planck $E = h \times f$, sin embargo son diferentes. La de Planck se refiere a la energía de la radiación emitida y absorbida, en forma de *cuantos de energía*, por un cuerpo negro, mientras que la de Einstein se refiere a la energía de cualquier *cuanto* perteneciente a toda radiación electromagnética, proponiendo que la materia absorbía o emitía radiación en forma de cuantos y no de manera continua como proponía la teoría electromagnética de Maxwell.

La forma de comprobar experimentalmente su idea de los *cuantos de luz* la desarrollaba en este mismo artículo⁶²⁴ con el denominado *efecto fotoeléctrico*, ya observado anteriormente por Hertz, Thomson y Philipp Lenard (1862-1947) que en 1902 descubrió que cuando dirigía un haz de luz de una longitud de onda determinada sobre una superficie metálica los electrones emitidos por esta superficie tenían todos la misma energía; si bien, la energía de los electrones emitidos cambiaba al variar la

⁶²³ Bergia, Silvio. *Luz y Átomos*. En Investigación y ciencia. Temas 40. Einstein. 2005. Pág. 23.

⁶²⁴ “Es frecuente referirse a este artículo de Einstein como el de la explicación del efecto fotoeléctrico. Y es cierto que allí se proporciona por vez primera una explicación completa y sencilla de dicho efecto. Pero desde esta perspectiva el análisis del artículo ofrece un gran sorpresa: no sólo porque la explicación del efecto fotoeléctrico no aparece como elemento motivador, sino porque tan sólo se trata de una de las tres aplicaciones que Einstein propone, junto con la regla de Stokes para la luminiscencia y la ionización de gases por luz ultravioleta, para mostrar consecuencias medibles sobre su hipótesis cuántica sobre la radiación electromagnética.” Citado por Navarro Veguilla, Luis. “Einstein y los comienzos de la física cuántica: de la osadía al desencanto. Publicado en Investigación y Ciencia, Noviembre 2004. *En Einstein. Vida, pensamiento y obra*”. Colección Grandes pensadores. Editorial Planeta Agostini, Madrid. 2008. Pág. 171.

longitud de onda de la luz incidente en la superficie metálica. Cuando variaba la intensidad de la luz dirigida a la superficie metálica aumentaba el número de electrones emitidos por la superficie, sin embargo, su energía seguía siendo la misma. Luego la energía de los electrones emitidos por la superficie metálica no depende de la intensidad de la radiación que se proyecta sobre ella, sino de la longitud de onda o frecuencia de la radiación. Lenard también observó que se necesita una longitud de onda o frecuencia mínima para liberar electrones, contradiciendo así la teoría ondulatoria de la luz que la entiende como un flujo continuo.

Según lo visto anteriormente, la proposición de Einstein para demostrar el efecto fotoeléctrico y con ello la existencia del cuanto de luz sería así de sencilla: un cuanto de luz que penetra en una superficie metálica transmite, total o parcialmente, su energía hf a un electrón; el electrón adquiere entonces una energía cinética, que es máxima si el cuanto de luz le transfiere la totalidad de su energía. La energía máxima de los electrones emitidos se obtiene sustrayendo de hf el trabajo (T) necesario para extraer el electrón de la superficie metálica. Esta ley de Einstein para describir el efecto fotoeléctrico es tan sencilla que se resume en la siguiente ecuación: $E_{maxima} = h \times f - T$ ⁶²⁵.

Este momento marcaría el comienzo de la revolución cuántica, por segunda vez en la historia en utilizado el concepto de cuantización de la energía para poder explicar un fenómeno físico. Sin embargo la hipótesis de Einstein obtuvo el mismo rechazo que la propuesta de Planck para explicar la radiación del cuerpo negro, ya que estas propuestas revolucionarias suponían un rechazo a la teoría ondulatoria de la radiación propuesta magistralmente por Maxwell y asentada plenamente, tanto

⁶²⁵ Bergia, Silvio. *Luz y Átomos*. En Investigación y ciencia. Temas 40. Einstein. 2005 Pág. 24.

teórica como experimentalmente⁶²⁶. Los físicos clásicos del siglo XIX estaban absolutamente seguros de la naturaleza ondulatoria de la luz y no estaban por la labor de abandonarla. Incluso el propio Planck, como se expuso anteriormente, era escéptico a su propuesta de la cuantización de la energía. Sin embargo, Einstein tenía clara su postura respecto a la naturaleza de la luz al afirmar que *“la próxima fase del desarrollo de la física teórica nos aportará una teoría de la luz que pueda interpretarse como una especie de fusión de las teorías ondulatorias y de emisión de la luz”*⁶²⁷.

Esta controversia onda/partícula tenía su origen en el siglo XVII enfrentando a el físico holandés Christiaan Huygens (1629-1695), que postulaba que la luz estaba integrada por ondas, y a Isaac Newton que era partidario de una teoría corpuscular de la luz⁶²⁸. Esta dualidad onda/corpusculo, aún sin resolver en el siglo XIX, la utilizará Einstein como argumento para defender su hipótesis cuántica: *“Resulta innegable que existe un amplio conjunto de hechos referentes a la radiación que muestran que la luz tiene ciertas propiedades fundamentales que pueden ser entendidas mucho más apropiadamente a partir del punto de vista de la teoría newtoniana de la emisión (corpuscular) de la luz que desde el punto de vista de la teoría*

⁶²⁶ Thomas Young (1773-1829) realizó en 1801 un experimento donde se demostraba claramente la naturaleza ondulatoria de la luz; para ello hizo pasar por una ranura doble un haz luminoso (una onda) que se descompuso en dos ondas, provocando interferencias entre ellas que daban como resultado franjas brillantes, oscuras y de luminosidad intermedia, como resultado de la superposición o anulación de las ondas. Para analizar el experimento ver: Lozano Leyva, Manuel. De Arquímedes a Einstein. Los diez experimentos más bellos de la Física. Editorial DeBolsillo. Barcelona 2007. Págs. 139- 154.

⁶²⁷ Citado por Navarro Veguilla, Luis. *Einstein y los comienzos de la física cuántica: de la osadía al desencanto*. Publicado en Investigación y Ciencia, Noviembre 2004. En *Einstein. Vida, pensamiento y obra*. Colección Grandes pensadores. Editorial Planeta Agostini, Madrid. 2008. pág. 174.

⁶²⁸ Newton explicó la naturaleza de la luz considerando que estaba formada por pequeñas partículas, a las cuales denominó corpúsculos, cuyo movimiento se podía explicar a través de sus leyes. Sin embargo el fenómeno de la difracción de la luz no tenía explicación dentro de esta teoría, conocida como teoría corpuscular o de emisión. La difracción se explicaba sin problemas con la teoría ondulatoria propuesta por Huygens y posteriormente, en 1803, con el experimento de Thomas Young se comprobaba de manera eficaz. Las ecuaciones de Maxwell y la luz como forma de onda electromagnética consolidaron la teoría ondulatoria como una teoría absolutamente correcta; sin embargo algunos fenómenos, como el efecto fotoeléctrico, no se habían logrado explicar con la teoría ondulatoria a la luz.

ondulatoria.”⁶²⁹. Llevando a Einstein a plantear la posibilidad de analizar las radiaciones teniendo en cuenta su naturaleza ondulatoria o cuántica, indistintamente y sin considerarse entre ellas incompatibles. Esta solución sería la más sensata, al ser ambas teorías necesarias para poder explicar los diversos fenómenos causados por las interacciones entre materia y radiación, así como poder interpretar la forma de desplazamiento de la radiación electromagnética. No obstante Luis de Broglie (1892-1987) llevo esta ambigüedad un poco más lejos generalizando la dualidad onda/partícula de la teoría cuántica de la luz propuesta por Einstein y extendiéndola a todo el mundo físico como posteriormente se analizará.

10 3-3 MODELOS ATÓMICOS RUTHERFORD Y BOHR

Retornando en el tiempo y enlazando con lo desarrollado en el apartado anterior continuaré con Ernest Rutherford (1871-1937) y sus investigaciones sobre la estructura de la radiación emitida por las sustancias radiactivas en el laboratorio de Thomson, descubriendo las radiaciones alfa, beta y gamma. Rutherford a la conclusión de que la radiación beta estaba compuesta por partículas, en concreto electrones, y la radiación gamma, de naturaleza electromagnética, tenía una energía muy superior a la de otras radiaciones conocidas. La dificultad estuvo a la hora de concretar la naturaleza de la radiación alfa determinando, tras mucho dudar, que eran átomos de helio con carga positiva⁶³⁰. Rutherford ideó un experimento en el cual

⁶²⁹Citado por Navarro Veguilla, Luis. *Einstein y los comienzos de la física cuántica: de la osadía al desencanto*. Publicado en Investigación y Ciencia, Noviembre 2004. En *Einstein. Vida, pensamiento y obra*. Colección Grandes pensadores. Editorial Planeta Agostini, Madrid. 2008 .Pág. 173.

⁶³⁰ En realidad eran núcleos de átomos de helio, pero él no lo podía saber ya que el único modelo atómico existente, el de Thomson, partía de que los átomos eran esferas materiales positivas con electrones, negativos, en su interior. El llamado modelo pastel de pasas.

bombardearía una delgadísima lámina de oro con partículas alfa, con la intención de estudiar la estructura del átomo⁶³¹. Para ello implicó a un joven colaborador suyo llamado Hans Geiger (1882-1945) y a un alumno brillante, Gregor Marsden (1890-1956). Geiger y Marsden analizaron la dispersión de las partículas alfa al chocar con la fina lamina de oro, observando un hecho insólito *“cuando las partículas alfa, de carga positiva, se disparaban contra una hoja de oro, la mayoría la atravesaban directamente, algunas eran desviadas ligeramente hacia un lado, y unas pocas rebotaban hacia atrás, como una pelota de tenis cuando choca contra un muro de ladrillo”*⁶³². Rutherford llegó a la conclusión de que los átomos no llenaban todo el espacio totalmente, ya que dejaban pasar la mayoría de las partículas alfa proyectadas; más bien, estarían en gran parte vacíos. Las partículas que salían desviadas con diferentes ángulos era a causa de las cargas positivas de la materia, que repelían las también positivas partículas alfa y lo más impactante, el rebote de algunas partículas era debido a la existencia en el interior del átomo de un núcleo de carga positiva increíblemente pequeño y masivo. El modelo atómico desarrollado por Thomson no era válido para explicar el comportamiento de la materia, por ello Rutherford propuso, en 1911, un nuevo modelo ajustándolo a las observaciones realizadas en sus experimentos. En él la carga y la masa estarían concentradas en regiones del espacio muy pequeñas, el núcleo del átomo; este núcleo estaría en el centro de una nube de electrones con la misma carga que el núcleo pero de signo contrario. El núcleo ocuparía sólo una cienmilésima del diámetro de un átomo, es decir practicante todo es espacio vacío. Rutherford situó los electrones en órbitas circulares girando alrededor del núcleo, como si se tratara de un sistema planetario. El mayor problema de este modelo era que, desde el punto de vista de la física clásica, los electrones

⁶³¹ Para obtener más detalles sobre el experimento en: *De Arquímedes a Einstein. Los diez experimentos más bellos de la Física*. Editorial DeBolsillo. Barcelona 2007. Págs. 193-212.

⁶³² Gribbin, John. *Historia de la ciencia*. Editorial Crítica. Barcelona 2003. Pág. 413.

acabarían cayendo al núcleo central; ya que al girar, el electrón emitiría radiación electromagnética perdiendo toda su energía en una fracción de segundo y precipitándose al núcleo central.

En el año 1913, Niels Bohr (1885-1962) propondrá un nuevo modelo atómico con la intención de explicar fenómenos no tenidos en cuenta en el modelo de Rutherford, para lo cual tendrá que recurrir al *cuanto de energía* de Planck-Einstein “*cualquiera que sea la modificación en las leyes del movimiento de los electrones, parece necesario introducir una cantidad a un electrodinámica clásica; esto es, la constante de Planck (h)*”⁶³³. Este modelo atómico contiene elementos de la teoría clásica, los electrones orbitando alrededor del núcleo, y elementos de la teoría cuántica, la energía sólo se emite o absorbe en cuantos de valor $h \times f$.

Bohr partió del modelo planetario y supuso que el electrón permanecía en las orbitas descritas alrededor del núcleo (orbitas estacionarias al no emitir energía) ya que los electores no emiten radiación de manera continua, como ocurriría desde el punto de vista de la física clásica. El electrón sólo puede emitir cuantos de energía, de uno en uno, y se correspondería al hecho de que ese electrón saltara de una órbita a otra, cada salto correspondería a la emisión de un determinado cuanto de energía, que correspondería a una determinada longitud de onda de la luz. El electrón emitiría energía al saltar a niveles inferiores y absorbería al saltar a una órbita de nivel superior.

Cada órbita estable correspondía a una cantidad fija de energía y tendría espacio para un cierto número de electrones; los electrones más alejados del núcleo no podían saltar a niveles inferiores si estos niveles estaban llenos y los electrones más cercanos al núcleo atómico tenían prohibido entrar en él. No existían órbitas intermedias. Este modelo además justificaba

⁶³³ citado por Sánchez Ron, José Manuel. *Historia de la ciencia*. Colección Austral. Espasa Calpe. Madrid. 2003. Pág. 524.

correctamente el espectro del átomo de hidrógeno, de esto se dio cuenta al calcular como sería la energía emitida, o absorbida, al saltar los electrones a niveles superiores o inferiores⁶³⁴, y observar “*que las posiciones de las líneas espectrales que predecía el modelo encajaban exactamente con las posiciones de las líneas observadas en los espectros experimentales. La física cuántica había explicado por qué y cómo cada elemento producía su propia huella dactilar única en el espectro.*”⁶³⁵ El modelo de Bohr justificaba el espectro del átomo de hidrógeno y de los átomos con un sólo electrón, es decir átomos hidrogenoides He⁺ y Li²⁺; sin embargo no explicaba el espectro de los átomos con más de un electrón “*ni siquiera pudo extender su teoría al espectro del helio, con sus dos electrones*”⁶³⁶. Si bien, proporcionó la base para explicar, en el campo de la química, las pautas encontradas en la tabla periódica de los elementos dando ideas acerca de las uniones de los átomos de distintos elementos para formar moléculas. “*El logro más importante de Bohr fue el de unificar las teorías de Rutherford, Planck y Einstein, de tal manera que confirmó la naturaleza cuántica de la realidad, la estabilidad atómica y la relación existente entre la física y la química.*”⁶³⁷

A partir de este momento y basándose en los descubrimientos de Planck, Einstein y Bohr, principalmente, se comenzó a investigar una mecánica para las radiaciones y la estructura microscópica de la materia, realizándose una gran cantidad de

⁶³⁴ “Lo que hizo fue calcular la energía que pierde un átomo cuando un electrón pasa de una órbita de energía superior a otra inferior, y a continuación suponer que es la energía es emitida bajo la forma de un cuanto de radiación, lo que significa que ese cambio de energía viene descrita por la fórmula de Planck. Igualando ambas expresiones, la variación de la energía y la de Planck, se obtiene una expresión que proporciona la frecuencia en función de números enteros (asociados a cada una de las órbitas). En consecuencia, saltos electrónicos entre diferentes órbitas producen radiación de diferentes frecuencias (esto es, líneas espectrales). La espectroscopia se reducía a la física atómica, cuántica”. Sánchez Ron, José Manuel. *Historia de la ciencia*. Colección Austral. Espasa Calpe. Madrid. 2003. Pág. 525 .

⁶³⁵ Gribbin, John. *Historia de la ciencia*. Editorial Crítica. Barcelona 2003. Pág. 421.

⁶³⁶ Sánchez Ron, José Manuel. *Op Cit*. Pág. 525.

⁶³⁷ Watson, Peter. *Historia intelectual del siglo XX*. Editorial Crítica. Barcelona. 2000. Pág. 151.

desarrollos teóricos y experimentales de los que cabría destacar principalmente los expuestos por Erwin Schrödinger (1887-1961) y Werner Heisenberg (1901-1976)⁶³⁸

10-3-4 MECÁNICA CUÁNTICA

La mecánica cuántica fue desarrollada entre 1925 y 1926 a través de dos caminos distintos que, sin embargo, llegarían a resultados equivalentes: *La mecánica cuántica ondulatoria* desarrollada por Erwin Schrödinger y *la mecánica cuántica matricial* formulada por Werner Heisenberg, Max Born (1882-1970) y Pascual Jordan (1902-1980).

En el año 1923 Louis de Broglie (1892- 1987) formuló la hipótesis, punto de partida de la teoría cuántica, de que las partículas podían tener propiedades ondulatorias. Para desarrollar esta idea se basó en los argumentos de Einstein según los cuales para comprender la luz habrá que recurrir a la dualidad onda/partícula y generalizar esta teoría a todo el mundo físico⁶³⁹. En 1924, en la exposición de su tesis doctoral, expuso la teoría de que al igual que las ondas electromagnéticas se podían explicar en términos de partículas, todas las partículas de la materia, descubiertas o no, se podían explicar en términos de ondas; justificando el modelo atómico de Bohr donde, según De Broglie, los electrones estaban representados por ondas que se desplazaban por las órbitas y los diferentes niveles de energía corresponderían a los distintos armónicos de las ondas,

⁶³⁸ Se tendrían que destacar a muchos otros científicos que con sus ideas e investigaciones ayudaron a generar una nueva rama de la física moderna como: Sommerfeld que empleando recursos de la relatividad especial, desarrollada por Einstein, generalizó el modelo atómico de Bohr; Compton puso de manifiesto la existencia del fotón, que había anunciado Einstein con sus cuantos de luz y corroboró Millikan, en el estudio del efecto Compton donde rayos \times o gamma colisionan con electrones ; Wolfgang Pauli y su principio de exclusión; Bose, Einstein y el nuevo método estadístico... Pero debido a la complejidad de las propuestas y al desvío que supondría en la elaboración de este trabajo me centraré exclusivamente en las propuestas más destacadas y afines a el contenido de lo que se pretende desarrollar en la tesis. Para más información sobre el desarrollo de la mecánica cuántica ver: Kragh, Helge. *Op Cit*.

⁶³⁹ De Broglie combinó las ecuaciones de Planck $E = h \times f$ y de Einstein de la relatividad especial $E = m \times c^2$, combinando así las propiedades de las ondas y de las partículas y lo asoció con el momento o cantidad de movimiento de partículas con velocidades inferiores a la de la luz. Ver *Física para la ciencia y la tecnología*, volumen 2 Paul A. Tipler, Gene Mosca. Editorial Reverté. Barcelona 2003. Pág. 1046.

existiendo órbitas sólo donde encajarían estos armónicos a la perfección. La propiedad ondulatoria de los electrones sería comprobada experimentalmente por George Thomson (1892-1975), hijo de Joseph J. Thomson y treinta años después de que su padre identificara la primera partícula elemental, el electrón, y su naturaleza corpuscular⁶⁴⁰. Lo que en realidad se deduce a partir de la fórmula de De Broglie es que “*todo tiene un carácter dual de onda y partícula*”⁶⁴¹. A partir de aquí, y como se expuso anteriormente, iban a surgir dos caminos: uno en el cual el electrón se concebía como una partícula de un átomo que gira alrededor del núcleo, saltando de una órbita permitida a otra; en el otro el electrón sería una onda que adapta su longitud para encajar exactamente en una de las órbitas, estableciendo un patrón de onda fijo con su carga eléctrica distribuida a lo largo de la órbita.

Schrödinger, al conocer la propuesta de De Broglie, pensó que sería posible describir el comportamiento de las partículas a través de ecuaciones de onda y así se volvería a poner algo de orden en el extraño comportamiento del mundo subatómico regresando al mundo continuo y representativo de la física clásica. Enlazando con fundamentos matemáticos de la física clásica propuestos por Joseph Lagrange (1736- 1813) y por William Hamilton (1805-1865) en el siglo XIX, Schrödinger halló una ecuación que era aplicable a cualquier sistema físico en el que se conozca la forma matemática de la energía. La solución de la ecuación de Schrödinger era una onda (ψ) que describía los aspectos cuánticos del sistema. Los estados de energía de un átomo se explicaban calculando los armónicos naturales de ese sistema vibratorio mediante el análisis de Fourier⁶⁴².

⁶⁴⁰ También, y de manera independiente, lo comprobó experimentalmente el científico americano Clinton Davisson (1881-1958).

⁶⁴¹ Gribbin, John. *Op Cit.* Pág. 423. En este libro y en la misma página se puede consultar el desarrollo matemático propuesto por De Broglie partiendo de las formulas de Planck y de Einstein.

⁶⁴² El análisis de Fourier son unas técnicas matemáticas de análisis desarrolladas por Jean Fourier (1768-1830) a finales del siglo XVIII para poder tratar los fenómenos que varían en función del tiempo. Por ejemplo para descomponer la complicada pauta de variaciones de presión producidas en una ráfaga de sonido, convirtiéndola en un

Las características de una onda son su amplitud y su longitud de onda (la frecuencia es la inversa de la longitud de onda), las ondas no tienen ni principio ni fin, ni nada parecido a la posición determinada de una partícula. A la onda se le pueden sumar otras ondas de igual longitud de onda, en fase o desfasadas, variando sólo su amplitud; al sumar a una onda otras ondas de distintas longitudes de onda se altera la forma resultante y si son muchas ondas de longitudes de onda próximas el resultado puede ser un tipo de onda concentrada en una región limitada del espacio. Con una gama de longitudes de onda y una gama de cantidades de movimiento se puede construir algo parecido a una onda situada en un lugar bastante determinado; debido a su gama de cantidades de movimiento se desplaza sin llegar a ser verdaderamente una partícula ni una onda. Para Schrödinger esta es la descripción de los electrones, de toda la materia que forma el Universo y de todo lo que en él existe.

Schrödinger publicó una serie de artículos en la revista *Annalen der Physik* en el año 1926 desarrollando la *mecánica cuántica ondulatoria* donde demostraba que las ondas permitían explicar que las partículas, como el electrón, eran comparables a un paquete de ondas.

Algunos meses antes de la propuesta de Schrödinger el físico Werner Heisenberg había desarrollado una idea completamente distinta a la de Schrödinger basándose en una matemática altamente compleja que se apartaba de las ecuaciones utilizadas para el análisis de los sistemas clásicos.

Heisenberg quería “*renunciar a cualquier descripción de las órbitas electrónicas..., reprimir conscientemente tal idea. Quería fiarlo todo a las reglas semiempíricas para la multiplicación de series de amplitudes, cuya validez se había probado en*

conjunto de sencillas ondas sinusoidales que se pueden luego sumar todas ellas para reproducir el sonido original. En Gribbin, John. *Op Cit.* Pág. 195. El método propuesto resuelve ecuaciones expresando cualquier función matemática como la suma de una serie infinita de otras funciones periódicas.

*las teorías de la dispersión*⁶⁴³. Heisenberg detestaba las órbitas imaginarias para los electrones del modelo atómico de Bohr, así que se apartó de este modelo, considerando al átomo como un oscilador virtual que reproducía todas las frecuencias del espectro, algo parecido a lo que realizó Planck con respecto a la radiación del cuerpo negro, con la intención de relacionar los números cuánticos y los estados de energía del átomo con las frecuencias e intensidades de los espectros de luz hallados experimentalmente. Para lo cual desarrolló un método para el cálculo de las amplitudes de transición entre diferentes niveles energéticos, este método no era más que un cálculo matricial⁶⁴⁴, como señalaría posteriormente Max Born que trabajando con su alumno Pascual Jordan expresó la teoría de Heisenberg en un lenguaje matricial sistemático; desarrollándose así la formulación de Heisenberg-Born-Jordan totalmente abstracta y con una gran complejidad matemática, difícil de usar, pero ofrecía las respuestas correctas al describir los niveles de los átomos en términos puramente numéricos, alejándose de ayudas gráficas y modelos visuales.

Esta teoría fue denominada *mecánica cuántica matricial* y entro directamente en conflicto con la mecánica ondulatoria de Schrödinger, que se impondría entre la mayoría de los físicos de la época por su menor complejidad matemática; no obstante el modelo de ondas continuas de Schrödinger no tenía explicación en los procesos cuantizados como el efecto fotoeléctrico o la radiación del cuerpo negro.

Paradójicamente las dos teorías, aparentemente distintas, producían matemáticamente los mismos resultados. “*La teoría de Heisenberg renunciaba a toda visualización de la partícula en sí, su aparato matemático resultaba inusual y difícil de aplicar*

⁶⁴³ Citado por Sánchez Ron, José Manuel. *Historia de la ciencia*. Colección Austral. Espasa Calpe. Madrid. 2003. Pág. 527.

⁶⁴⁴ Una matiz es una disposición de elementos (números) en filas y columnas. En este caso concreto cada elemento representa una posible transición atómica con su correspondiente pérdida o ganancia de energía.

para los físicos y se apoyaba específicamente en discontinuidades (...) La mecánica ondulatoria de Schrödinger contemplaba la materia como si se tratara de ondas, ofrecía una representación visual del fenómeno atómico, para un único electrón, y era capaz de explicar las líneas espectrales discretas sin recurrir a los saltos cuánticos.”⁶⁴⁵

Max Born, excelente matemático, había estudiado en profundidad ambas teorías, de hecho había colaborado en el desarrollo de una de ellas; pero ninguna se ocupaba del movimiento por el espacio de los electrones libres, presentando las dos deficiencias al explicar los experimentos de dispersión de electrones.

Utilizando la mecánica ondulatoria, que permitía alguna metáfora visual, desarrolló una nueva idea que consistía en lo siguiente: la luz al pasar por dos rendijas causa una interferencia de ondas, como anteriormente había demostrado Young, viéndose en su proyección una configuración de franjas luminosas y oscuras, la luz como forma de onda. Sin embargo, la luz también estaba formada por partículas, luego cada una de estas partículas llegará a la pantalla de proyección donde están las franjas luminosas y oscuras de manera individual, si bien, es imposible predecir con exactitud donde aparecerá cada partícula, aunque se puede ver que llegan más partículas a algunos lugares más que a otros, con lo cual hay una probabilidad mayor de que lleguen más partículas a algunas zonas. Debido a estas posibilidades el resultado será una determinada estructura de difracción parecida a una onda y constituida por partículas. Born propuso que la función de onda de Schrödinger era una magnitud abstracta que no admitía ninguna visualización y que actuaba como una densidad de probabilidad de que un electrón estuviera en una cierta región del espacio. La ecuación de Schrödinger no mostraría el camino seguido por la partícula, sino el

⁶⁴⁵ Miller, Arthur. *Erótica, estética y la ecuación de onda de Schrödinger. En Formulas elegantes. Graham Farmelo* (editor). Tusquets editores. Metatemas. Barcelona. 2004. Pág. 137. Este interesante ensayo profundiza en ambas teorías, las tensiones entre ellas, la defensa de cada una de ellas por sus creadores y sus consecuencias posteriores en el mundo de la física.

modo en que la probabilidad de detectarla varía con el tiempo. Born concilió las partículas y las ondas mediante el concepto de probabilidades.

La exploración de la realidad del mundo subatómico era ,y es, algo verdaderamente complejo y dificultoso como expresa Heisenberg en su artículo publicado en 1927 y titulado *Sobre la componente intuitiva de la mecánica y la cinemática en la teoría cuántica*. En este artículo manifestaba que “*la interpretación intuitiva de la mecánica cuántica está llena de contradicciones internas que se hacen evidentes cuando se debate sobre la continuidad y discontinuidad o sobre ondas y partículas*”⁶⁴⁶; exponiendo en el mismo artículo una nueva interpretación basada en su famoso *principio de incertidumbre o indeterminación* y relacionado con la idea de la dualidad onda-partícula. Este principio de incertidumbre dice “*que ciertos pares de propiedades cuánticas, tales como la posición y el momento, nunca pueden precisarse con exactitud ambas al mismo tiempo; siempre queda un residuo de incertidumbre (relacionado con la constante de Planck h , por lo que sus efectos sólo se manifiestan a escalas muy pequeñas) en el valor de al menos uno de estos parámetros. Cuanto mayor sea la precisión con que se determina una de las propiedades del par, menor es la precisión con que se determina la otra.*”⁶⁴⁷ Esto afectaría a la hora de tomar mediciones ya que los propios dispositivos de medición perturbarían el mundo cuántico, dando como resultado mediciones imperfectas. Asimismo cuestionaría el principio del determinismo enunciado por el filósofo y matemático Pierre Simón Laplace (1749-1827) a finales del siglo XVIII⁶⁴⁸ y que constituyó el paradigma de la ciencia hasta los primeros años del

⁶⁴⁶ Miller, Arthur. *Op Cit.* Pág. 142.

⁶⁴⁷ Gribbin, John .*Op Cit.* Pág. 425.

⁶⁴⁸ “Laplace sugirió que debía existir un conjunto de leyes científicas que nos permitirían predecir todo lo que sucediera en el universo, con tal de que conociéramos el estado completo del universo en un instante de tiempo. Por ejemplo, si conociéramos las posiciones y velocidades del sol y los planetas en un determinado momento, podríamos usar entonces las leyes de Newton para calcular el estado del sistema solar en cualquier otro instante. El determinismo parece bastante obvio en este caso,

siglo XX. Sería incoherente la aceptación del determinismo, en donde si conocemos las posiciones y movimientos de todas las partículas del Universo podemos calcular su comportamiento en cualquier momento presente, pasado o futuro; cuando el principio de incertidumbre señala que *“no podemos conocer, por cuestiones de principio, el presente en todos sus detalles”*⁶⁴⁹ limitando así la aplicabilidad de la física clásica a los sucesos atómicos.

Después de estos sucesos y recogiendo todos los elementos que se derivan de ellos Bohr propuso un punto de vista innovador para comprender la mecánica cuántica, en el cual los comportamientos ondulatorio y corpuscular de un objeto son mutuamente excluyentes, pero ambos necesarios para comprender sus propiedades *“Ni Heisenberg ni Schrödinger planteaban la idea de la dualidad onda-partícula en la luz y en la materia. Bohr aportó la idea de que ondas y partículas debían ser consideradas a la vez, mediante una interpretación adecuada de la ecuación de onda de Schrödinger, algo que ya había realizado Born.”*⁶⁵⁰ Llamando a esta nueva situación *principio de complementariedad*. Combinando este principio con la mecánica matricial y el principio de incertidumbre de Heisenberg y la interpretación probabilística de Born de la ecuación de onda de Schrödinger Bohr elaboró la denominada *Interpretación de Copenhague* de la mecánica cuántica que tiene como rasgos más característicos el concepto de complementariedad y la visión probabilística de la realidad, adoptando una actitud en la cual se niega la posibilidad de llegar a conocer la existencia de una realidad objetiva *“¿a quién dará la razón la ciencia, a la teoría de Demócrito o a la de Platón? Creo que en este punto la física moderna se ha decidido definitivamente por Platón. Porque realmente las unidades mínimas de materia no son objetos físicos en el sentido ordinario de la palabra; son formas,*

pero Laplace fue más lejos hasta suponer que havia leyes similares gobernando todos los fenómenos, incluido el comportamiento humano.” En Hawking, Stephen, *Historia del tiempo-Del big bang a los agujeros negros*. Alianza Editorial. Madrid. 1990. Pág. 88

⁶⁴⁹ Citado por Sánchez Ron, José Manuel. *Op Cit.* 2003. Pág. 531.

⁶⁵⁰ Miller, Arthur. *Op Cit.* Pág. 149.

*estructuras o ideas (Platón) de las que sólo puede hablarse sin equívocos con el lenguaje matemático.”*⁶⁵¹ Evidentemente esto ha sido ampliamente discutido y encontró la oposición total de físicos tan influyentes como Einstein, Planck, Schrödinger o de Broglie; a lo que Heisenberg respondió: *“ellos prefieren retornar a la idea de un mundo objetivo real, cuyas partes más pequeñas existen objetivamente, como las piedras y los árboles existen, independientemente de que los estemos observando o no. Esto, sin embargo, es imposible, o al menos no enteramente posible, a causa de la naturaleza de los fenómenos atómicos.”*⁶⁵² A pesar del rechazo y de la complejidad de esta teoría sobre la que Feynman dijo “creo poder afirmar con seguridad que nadie comprende la mecánica cuántica”⁶⁵³; *“nunca en la historia de la ciencia ha existido una teoría con un impacto tan profundo en el pensamiento humano como la mecánica cuántica; ni con un éxito tan espectacular en la predicción de una gama tan enorme de fenómenos (física atómica, física del estado sólido, química, etc.)”*⁶⁵⁴ como se ha observado en la justificación de los espectros de emisión y absorción de los elementos y a lo largo de esta tesis tendremos ocasión de comprobar. A modo de resumen se podría simplificar de la siguiente manera:

- Planck se interesa por buscar algo universal en la naturaleza de todos los cuerpos brillantes descubriendo, para su sorpresa, que la luz es irradiada en pequeños paquetes de energía.
- Einstein confirma que los paquetes de energía de Planck existen como partículas en el campo electromagnético al resolver el efecto fotoeléctrico. Millikan lo demuestra experimentalmente.

⁶⁵¹ Heisenberg, Werner, citado por Moncho Morales, José. *La estructura atómica*. Editorial Santillana. Madrid 1998. Pág. 73.

⁶⁵² Moncho Morales, José. *Op.Cit.*

⁶⁵³ Feynman, Richard P. *The Character of Physical Law*. Penguin Books. Londres. 1992. Pág. 129.

⁶⁵⁴ Jammer Max, citado por García Alcaine, Guillermo. *Mecánica cuántica, en El legado filosófico y científico del siglo XX*, Editorial Cátedra. Madrid.2005. Pág. 741.

- De Broglie combina los puntos de vista de Planck y de Einstein y llega a la conclusión de que no sólo las ondas pueden comportarse como partículas sino que las partículas pueden comportarse como ondas.
- Schrödinger pensó que si se suman un número de ondas de diferentes longitudes el resultado es una onda que está concentrada en uno u otro lugar del espacio como una partícula.
- Born observó que es imposible para una partícula crear una estructura de onda visible. Un grupo de partículas cuyo comportamiento está determinado por las probabilidades puede desembocar en una estructura que se asemeje mucho a una interferencia de ondas.
- Heisenberg observó que en el intercambio entre las características de la luz como partícula y las características de la luz como forma de onda, como las partículas están asociadas con las probabilidades que crean interferencias, al igual que las ondas, es imposible conocer tanto la cantidad de movimiento exacta como la posición exacta de cualquier partícula al mismo tiempo.

10-3-5 PARTÍCULAS ELEMENTALES. EL MODELO ESTÁNDAR

Una tercera versión de la teoría cuántica sería la construida, al margen de las desarrolladas por Heisenberg y Schrödinger, por el físico inglés Paul A. M. Dirac (1902-1984). Dirac aplicó la mecánica cuántica a la teoría electromagnética de Maxwell construyendo un modelo teórico de *campo cuántico* donde el concepto de campo continuo, propuesto por Faraday y formulado por Maxwell, desaparece para dividirse en partes que interactúan con una materia formada por entidades discretas como los electrones. Este nuevo enfoque hace que la luz pueda ser tratada como ondas o como partículas dando siempre la

respuesta correcta. Su formulación matemática llega a ser demasiado abstracta y compleja, muy alejada de ideas intuitivas. La luz como onda y como partícula dejó de ser una paradoja dando como resultado una nueva teoría llamada *electrodinámica cuántica* que sería continuada por físicos como Richard Feynman (1918-1988) entre otros.

Posteriormente, en 1927, Dirac explicó una ecuación de onda para un electrón a la que había incorporado la teoría especial de la relatividad de Einstein.⁶⁵⁵ Esta ecuación, conocida como Ecuación de Dirac⁶⁵⁶, describe como se desplaza un electrón a velocidades cercanas a la de la luz prediciendo “*correctamente que los electores se hallan en perpetua rotación y que actúan como diminutos imanes, y establecía la velocidad de ese giro y la intensidad del campo magnético que generan*”⁶⁵⁷. La ecuación curiosamente tenía dos soluciones, una positiva y otra negativa, lo que equivalía a un electrón de signo positivo que se intentó vincular con los protones sin éxito, ya que el protón tiene una masa muy superior al electrón. Esta sería la primera muestra de la existencia de antimateria, partículas con la misma masa y spin que la materia hasta ahora conocida pero con carga eléctrica contraria. Si bien, en el año 1931 Dirac constató “*que la ecuación predecía en realidad la existencia de una partícula hasta entonces desconocida, que tendría la misma masa que el electrón, pero con carga positiva.*”⁶⁵⁸ Carl Anderson (1905-1991) descubrió en 1932 este antielectrón, denominado actualmente positrón, gracias a una cámara de niebla⁶⁵⁹ expuesta a la radiación cósmica.

⁶⁵⁵ Schrödinger no había podido incorporar la relatividad a su ecuación de onda al desconocer una propiedad magnética del electrón llamada spin.

⁶⁵⁶ Para más información acerca de la ecuación de Dirac consultar: *Un poco de magia. La ecuación de Dirac* por Frank Wilczek. En *Formulas elegantes*. Graham Farmelo (editor). Tusquets editores. Metatemáticas. Barcelona. 2004. Pág. 155.

⁶⁵⁷ Wilczek, Frank. *Op. Cit.* Pág. 156.

⁶⁵⁸ Gribbin, John. *Historia de la ciencia*. Editorial Crítica. Barcelona 2003. Pág. 427.

⁶⁵⁹ La cámara de niebla o de Wilson es un detector de partículas ideado y realizado en 1911 por C.T.R. Wilson con el fin de verificar la hipótesis sobre la existencia de partículas ionizantes de origen extraterrestre. Es un recinto cerrado que encierra un gas ionizable y un vapor fácilmente condensable, por ejemplo nitrógeno y vapor de

Ese mismo año el físico británico James Chadwick (1891-1974) descubrió el neutrón al bombardear berilio con núcleos de helio, hasta ese momento se creía que los núcleos estaban formados por protones y electrones, la masa del neutrón era similar a la del protón pero sin carga eléctrica. Cuando se llegó a esta configuración del núcleo atómico, compuesto por protones y neutrones albergando casi toda la masa del átomo, se creía que se conocían todas las partículas para la explicación de los fenómenos físicos y químicos. Los electrones, con su masa muy inferior a la del núcleo atómico, se hallarían a grandes distancias del núcleo y alrededor de él formando nubes electrónicas cuyo comportamiento está regido por la mecánica cuántica. Se podrían considerar dos niveles estructurales en la materia atómica: el nuclear y el atómico. Pero esto era sólo el principio; los protones, neutrones y electrones son las partículas más estables, no obstante a partir de los años treinta se comenzaron a descubrir multitud de partículas. Con el estudio de la física nuclear⁶⁶⁰ y de la radiación cósmica comenzaron a aparecer nuevas partículas que se sumaron a las ya conocidas: el electrón, el protón, el neutrón, el fotón y el positrón; además puso de manifiesto la existencia de dinámicas de interacción distintas a la interacción electromagnética. La fuerza nuclear fuerte

agua. Al enfriar el gas el vapor en él se sobresaturará y cuando una partícula lo atraviesa el vapor se condensará alrededor de los iones formados al paso de esta partícula señalándose su trayectoria por una niebla de finas gotitas. Un destello de luz permite fotografiarla. En Lévy Éli. *Diccionario Akal de Física*. Ediciones Akal. Madrid. 1992. Pág. 126.

⁶⁶⁰ La física nuclear nace con la intención de estudiar el núcleo atómico. Al conocerse la configuración del núcleo atómico se comienzan a explorar sus propiedades siguiendo dos vías guiadas por dos modelos teóricos: uno clásico y otro de estructura cuántica. El modelo cuántico describe el núcleo en términos de niveles de energía, al igual que el átomo, quedando los diferentes estados ocupados por los protones y los neutrones.

El modelo clásico responde al modelo de la gota, propuesto por Bohr en 1936, que supone a los nucleones (el núcleo atómico esta compuesto de dos tipos de partículas, en número variable, que son protones y neutrones a las que se consideran dos estados diferentes de la misma partícula: el nucleón) unidos entre sí como las moléculas en una gota líquida. Esto explica en particular que el volumen másico de la materia nuclear sea el mismo, aproximadamente, para todos los núcleos. Este modelo clásico explicaba comportamientos de los núcleos pesados con un gran número de nucleones, como el fenómeno de la fisión nuclear en el uranio, descubierta en 1939 por Otto Hahn (1879-1968) y Fritz Strassmann (1902-1980). “*Un núcleo pesado de uranio, después de haber absorbido un neutrón, se escinde en núcleos más ligeros a la vez que libera energía: Lise Meitner y Otto Frisch explicaron este fenómeno con la ayuda del modelo de la gota de agua. La emisión de neutrones en la fisión (evidenciada por Frédéric Joliot, Hans Halban y Lev Kowarski) abría la posibilidad de que se produjeran reacciones en cadena e hizo concebir la idea de la pila atómica (en la que tenían lugar reacciones controladas) y también la de la bomba atómica, a la vez que hacía efectiva la predicción de la teoría de la relatividad restringida según la cual la materia es un depósito de energía.*” En *La ciencia moderna y el conocimiento*. Michel Paty. *Historia de la humanidad. El siglo XX*. Editorial Planeta. Madrid. 2004 . Pág. 156.

o de las interacciones fuertes es la que mantiene unidos a los protones y neutrones del núcleo; en 1935 el físico japonés Hideky Yukawa (1907-1981) predijo que estas fuerzas, que mantenían unidos protones y neutrones en el núcleo atómico, estaban causadas por una hipotética partícula, el *mesón π* o *pión*.

Este hecho se confirmaría en 1947 con el descubrimiento del *mesón π* . Así mismo existe la fuerza de las interacciones débiles o fuerza débil, responsable de las desintegraciones β y que predijo en 1928 Wolfgang Pauli. Enrico Fermi (1901-1954) desarrolló la idea de Pauli creando un modelo que describe cómo, además de la fuerza nuclear fuerte que mantiene unidos los protones y neutrones en el núcleo existía una fuerza débil de corto alcance que podía hacer que el neutrón se desintegrara dando lugar a un protón y un electrón además de otra partícula sin carga, a la que llamo *neutrino*. Esta partícula no se detectaría hasta 1955 debido a sus extrañas características ya que no tiene carga eléctrica y una masa tan pequeña que hasta hace poco era inapreciable.

Los físicos fueron profundizando cada vez más en el conocimiento de la naturaleza de las partículas subatómicas gracias a la entrada de unos dispositivos experimentales llamados aceleradores de partículas que, como indica su nombre, acelera partículas de un determinado tipo lanzándolas sobre una muestra, que puede ser un blanco u otro haz de partículas (antipartículas), haciéndolos colisionar con la intención de descubrir alguna partícula nueva o que su existencia se haya anticipado por algún físico teórico. Asimismo se intentan conseguir partículas con energías cada vez mayores. Esto significa, en consonancia con la teoría cuántica, que las longitudes de onda de las ondas asociadas sean cada vez menores y así poder observar cosas más pequeñas. La gran mayoría de los aceleradores utilizan haces de partículas con carga eléctrica, usando campos eléctricos para aumentar la velocidad de las partículas y campos magnéticos para dirigirlos. En 1930 fue construido el

primer tipo de estos aceleradores llamado ciclotrón, diseñado por Ernest O. Lawrence (1901-1958) y en el que se descubrieron nuevas partículas e identificaron nuevos elementos químicos como el plutonio o el tecnecio.

A medida que el tamaño y la potencia de estos aceleradores aumentaba el descubrimiento de nuevas partículas, algunas de ellas ya predichas, era cada vez mayor y dio lugar a una nueva rama de la física denominada física de partículas o de altas energías, al ser necesarias altísimas energías para “romper” la materia y descubrir más partículas, llegando a contarse por decenas y produciendo un panorama bastante confuso en un principio. Como se ha comentado, hacia 1935 se conocían seis partículas elementales: el fotón, el electrón, el protón, el neutrón, el positrón y el neutrino. Sin embargo, las partículas existentes no eran suficientes para explicar la naturaleza de las fuerzas nucleares y los fenómenos derivados de la desintegración de núcleos, es decir la radiactividad natural y artificial; por ello se siguió buscando nuevas partículas descubriéndose los muones y los mesones, así como extrañas partículas inestables con una vida media muy corta al transmutarse en otras partículas. Hay que tener en cuenta que cuando entre dos partículas existe una fuerza significa que existe entre ellas un intercambio de partículas, uniéndose así la física de partículas con las fuerzas, interacciones o campos elementales. En la siguiente tabla se muestran algunos descubrimientos de partículas desde 1897 a 1956⁶⁶¹

⁶⁶¹ Kragh, Helge. *Generaciones Cuánticas. Una historia de la física del siglo XX.* . Ediciones Akal. Madrid 2007 Pág. 190

| Nombre actual | Nombre antiguo | Predicción | Descubrimiento |
|--------------------|----------------------|---------------------|--|
| Electrón | Corpúsculo | 1894: J. Larmor | 1897: J.J.Thomson |
| Protón | Partícula H | | Alrededor de 1913 ningún descubridor |
| Neutrino | Neutrón | 1929: W.Pauli | 1956: F. Reines, C. Cowan |
| Positrón | Electrón positivo | 1931: P. Dirac | 1932: C. Anderson |
| Neutrón | | 1920: E. Rutherford | 1932 : J. Chadwick |
| Antiprotón | Protón negativo | 1931: P. Dirac | 1955: O. Chamberlain, E. Segré, C. Wiegand T. Ypsilantis |
| Antineutrón | | 1935: G. Wataghin | 1956: B. Cork, G. Lamberson, O. Piccioni, W. Wenzel |
| Muón | Mesotró, mesón μ | | 1937: C. Anderson , S. Neddermeyer |
| Pión Cargado | Mesón Π | 1935: H. Yukawa | 1947: C.Powell, G. Occhialini, C. Lattes |
| Pión Neutro | Mesón Π | 1938: N. Kemmer | 1950: R. Bjorklund. W. Crandall, B. Moyer, H.York |
| Barión Λ^0 | Partícula V | | 1947: C.Butler G. Rochester |
| Barión K^0_S | Mesón Π | | 1949: C.Powell |

Desde la segunda mitad del siglo XX los físicos han buscado una teoría que ponga orden en este confuso y complejo mundo de las partículas subatómicas desarrollándose, en la década de los sesenta, la *teoría cuántica de campos* como una generalización de la *electrodinámica cuántica*, que admite que “*toda interacción entre dos corpúsculos resulta de la propagación de un campo entre ambos corpúsculos, y precisa por otra parte que ese campo está cuantificado. Esto quiere decir que las ecuaciones que describen la propagación del campo no son más que el aspecto formal del intercambio entre los dos corpúsculos de una partícula, emitida por uno y absorbida por el otro. Estas partículas intermediarias o partículas de*

*intercambio, pueden por tanto ser creadas y luego aniquiladas. Son específicas de cada tipo de interacción.*⁶⁶² Desarrollándose el llamado *modelo estándar* de la física de partículas, modelo porque se trata de una teoría aún en proceso de elaboración, donde se muestra el conjunto de partículas e interacciones que describen los bloques que componen la materia y las fuerzas que intervienen entre ellos. “*Según la concepción vigente, la materia consta de dos grandes categorías de partículas, quarks y leptones, en conjunción con tres de las cuatro fuerzas fundamentales conocidas, a saber, el electromagnetismo y las interacciones fuerte y débil. La gravedad por el momento ha sido dejada aparte. Los quarks, componentes de protones y neutrones, generan cada una de estas tres fuerzas y se someten a ellas. Los leptones, cuyo representante más conocido es el electrón, son inmunes a la fuerza fuerte. Lo que diferencia a estos dos categorías es el color, una propiedad que guarda una lejana semejanza con la carga eléctrica. (Es un nombre metafórico, sin nada que ver con los colores del espectro). Los quarks poseen color; los leptones, no.*”⁶⁶³

Actualmente se consideran en estos dos grupos de partículas los seis quarks (arriba, abajo, extrañeza, encanto, verdad y belleza) y sus antipartículas, otros seis antiquarks; y los seis leptones (electrón y neutrino electrónico; muón y neutrino muónico; tau y neutrino taúico) con sus seis antileptones. Los mesones y bariones (nucleones e hiperones) son asociaciones, cada uno de ellos, de dos o tres quarks o antiquarks. En estos dos grupos encontramos las partículas fuentes de interacciones o partículas de materia, denominadas fermiones al tener el spin semientero.

⁶⁶² Lévy Éli. *Diccionario Akal de Física*. Ediciones Akal. Madrid.1992 Pág. 135.

⁶⁶³ Quigg, Chris. “*Revolución en la física de partículas*”. Investigación y ciencia. Nº 379. Abril de 2008. Pág. 24.

Existen también las partículas intermedias de las interacciones o partículas de intercambio llamadas bosones, cuyo spin es nulo o entero. Son las partículas intermediarias de las distintas interacciones, correspondiendo a cada tipo de interacción diferentes partículas intermediarias: fotones para la interacción electromagnética, gravitones para la interacción gravitatoria, bosones intermediarios para la interacción débil, gluones y mesones para la interacción fuerte. En las siguientes tablas se puede observar su clasificación y algunas características de estas partículas, escogidas entre las más estables de los cientos de partículas catalogadas actualmente⁶⁶⁴.

⁶⁶⁴ Las tablas están extraídas, con algunas modificaciones por parte del autor, del *Diccionario Akal de Física*. Lévy Éli. Ediciones Akal. Madrid.1992. Pág. 836-637 y de Investigación y ciencia. N° 379. Abril de 2008 Chris.Quigg, *Revolución en la física de partículas*. Págs. 26-27.

1) Partículas fuentes de interacción

1-1 Los leptones. Inmunes a la fuerza fuerte y observables como individuos aislados

| Nombres símbolos | Masa en Mev/c ² | Vida media τ seg | Carga eléctrica | Otras características |
|------------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------|---|
| Electrón e ⁻ | 0,5110 | ∞ | -1 | La más ligera de las partículas con carga eléctrica. Portador de carga en la corriente eléctrica. Orbita en torno al núcleo atómico Inmune a la fuerza electromagnética y a la fuerte. Apenas interactúa. Esencial para la radiactividad |
| Neutrino Electrónico ν_e | 0 | ∞ | 0 | |
| Muón μ | 105,66 | $2 \cdot 10^{-6}$ | -1 | Una versión del electrón con más masa. Su vida media es de 2,2 microseg. Descubierto en las lluvias de rayos cósmicos Aparece en reacciones débiles en las que interviene el muón |
| Neutrino ν_μ muónico | 0 | ∞ | 0 | |
| Tau τ | 1.784,2 | $3 \cdot 10^{-13}$ | -1 | Otra versión inestable y con una masa mucho más grande que la del electrón su vida es de 0,3 piconseg. Aparece en reacciones débiles en las que interviene el leptón tau |
| Neutrino ν_τ taútico | 0 | ∞ | 0 | |

1-2 Los quarks. Integran los protones, los neutrones y otras partículas menos conocidas. Nunca han sido observados sueltos.

| sabor | Masa en Mev/c ² | Carga eléctrica | Otras características |
|----------------------|----------------------------|-----------------|---|
| <i>d</i> (down) | 5,00 | $-\frac{1}{3}$ | Constituyente de materia ordinaria. Dos quark down mas un quark up componen un neutrón |
| <i>u</i> (up) | 2,00 | $+\frac{2}{3}$ | Constituyente de materia ordinaria. Dos quark up mas un quark down componen un protón. |
| <i>s</i> (extrañeza) | 95,00 | $-\frac{1}{3}$ | Pariente inestable y de mayor masa del quark down. Constituyente de una partícula muy estudiada, el Kaón |
| <i>c</i> (encanto) | 1.250,00 | $+\frac{2}{3}$ | Pariente inestable del quark up. Es un constituyente de la partícula j/Ψ , que contribuyó al desarrollo del modelo estándar. |
| <i>b</i> (belleza) | 4.200,00 | $-\frac{1}{3}$ | Copia inestable del quark down, de masa mucho mayor. Constituyente de una partícula, el mesón B. |
| <i>t</i> (verdad) | 171.000,00 | $+\frac{2}{3}$ | La partícula conocida de mayor masa, Comparable a la de un átomo de osmio. Vida muy efímera. |

1-3 Los bariones. Participan en las interacciones fuertes. Son *hadrones*. Cada barión es un estado ligado de tres quarks.

Se dividen en dos clases: los nucleones, de extrañeza nula, y los hiperones, de extrañeza no nula.

| Nombres símbolos | Masa en Mev/c ² | Vida media τ seg | Quarks |
|------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------|--------|
| 1. Nucleones | | | |
| Protón p | 938,3 | 10^{-8} s. $n = 32$ | duu |
| Neutrón n | 939,6 | 898 | ddu |
| 2. Hiperones | | | |
| Lambda Λ^0 | 1.115,6 | $2,6 \cdot 10^{-10}$ s. $n = -10$ | dus |
| Sigma Σ | Σ^+ 1.189,4 | $8 \cdot 10^{-11}$ s. $n = -11$ | uus |
| | Σ^0 1.192,5 | $5,8 \cdot 10^{-10}$ s. $n = -20$ | dus |
| | Σ^- 1.197,3 | $1,5 \cdot 10^{-10}$ s. $n = -10$ | dds |
| | | | |
| Ksi Ξ | Ξ^0 1.314,9 | $2,9 \cdot 10^{-10}$ s. $n = -10$ | uss |
| | Ξ^- 1.321,3 | $1,6 \cdot 10^{-10}$ s. $n = -10$ | dds |
| Omega Ω^- | 1.672,4 | $8,2 \cdot 10^{-11}$ s. $n = -11$ | sss |
| Lambda Λ_{+c} encantada | 1.282,0 | $2,3 \cdot 10^{-13}$ s. $n = -13$ | duc |

1) Partículas intermediarias o intermedias. A nivel cuántico, cada fuerza de la naturaleza es transmitida por una partícula o conjunto de partículas especializadas. Estas partículas son las mediadoras de las diversas interacciones. Son todas bosones.

2-1 Bosones

| Nombres símbolos | Masa en Mev/c ² | Vida media τ seg | Quarks | Carga eléctrica | Otras características |
|---|----------------------------|---|--------------------------|--------------------|--|
| Fotón γ | 0 | | | 0 | Es el cuanto de luz, portador del electromagnetismo. Actúa sobre partículas eléctricamente cargadas. Actúa a distancias ilimitadas. |
| Gravitón? g | 0 | | | | Partícula hipotética de intercambio, intermediaria en la interacción gravitacional. |
| Bosones intermediarios W ⁺ W ⁻ Z ⁰ | 80.800 80.800 92.900 | 10 ⁿ . n = -20? | | +1 -1 0 | Los bosones W ⁺ / W ⁻ son los mediadores de las reacciones débiles que cambian el sabor y la carga eléctrica de las partículas . El boson Z ⁰ también es mediador de las reacciones débiles pero no cambia la identidad de las partículas |
| Gluones | | | | | Partículas intermediarias de la interacción fuerte entre dos quarks. Existirán, según las teorías actuales, ocho clases: seis bicolores, que inducen cambios de color en los quarks, y dos blancos |
| Mesones | | | | | |
| Piones π^0 | 134,9 | 8,3 10 ⁿ . n = -17 | u \bar{u} | 0 | Sus masas son intermedias entre las masas de las partículas ligeras, los leptones, y las masas de las pesadas, los bariones. Son bosones, partículas de intercambio en las interacciones fuertes entre nucleones. Contrariamente a leptones y bariones los mesones pueden aparecer y desaparecer de modo unitario y no por pares |
| π^+ | 139,6 | 2,6 10 ⁿ . n = -8 | u \bar{d} | +1 | |
| Kaones K ⁺ | 439,7 | 1,25 10 ⁿ . n = -8 | u \bar{s} | 0 | |
| L $\bar{\zeta}$ L $\bar{\xi}$ | 497,7 <i>id</i> | 5,2 10 ⁿ . n = -8 9 10 ⁿ . n = -11 | d \bar{s} | 0 <i>id</i> | |
| Deones D ⁰ D ⁺ | 1.864,7 1.869,4 | 4 10 ⁿ . n = -13 9 10 ⁿ . n = -13 | $\bar{u}c$ $\bar{d}c$ | 0 +1 | |
| Ji-Psi $\hat{j}^- \Psi$ | 3.096,9 | 10 ⁿ . n = -20 | c \bar{c} | 0 | |

Una interacción entre varias partículas en colisión puede cambiar la energía de las partículas, su momento cinético o su tipo; pudiendo incluso ser la causa de que una partícula aislada se desintegre espontáneamente.

Las fuerzas entre las partículas actúan de la siguiente manera⁶⁶⁵:

- Interacción electromagnética. Actúa sobre partículas cargadas, sin alteración de éstas. Es la responsable de la repulsión de las cargas del mismo signo. Las partículas mediadoras son los fotones.
- Interacción fuerte. Actúa sobre los quarks y los gluones, ligándolos entre sí y formando protones, neutrones y otras partículas. De manera indirecta también liga a los protones y neutrones, formando así los núcleos atómicos. Las partículas mediadoras son los gluones.
- Interacción débil. Opera sobre quarks y leptones. Su efecto mejor conocido es la transmutación de un quark *down* en un quark *up*, lo que provoca, a su vez, que un neutrón se convierta en un protón, más un electrón, más un neutrino.

Las partículas mediadoras son los bosones intermediarios W^+ , W^- y Z^0 .

Toda la materia, la que forma nuestro sistema solar y lejanas galaxias, así como la generada en los aceleradores de partículas, está compuesta por una serie de quarks y leptones, considerados los átomos de la física moderna, y los bosones que se intercambian en las diferentes interacciones; si bien, no se descarta que en un futuro se descubran entidades aún más pequeñas que integren estos quarks y leptones.

⁶⁶⁵ Chris.Quigg, “Revolución en la física de partículas”. Investigación y ciencia. N° 379. Abril de 2008. Pág. 27.

Desde que en el siglo IV a de N.E. Demócrito de Abdera propuso que toda la materia estaba compuesta de partículas diminutas, infinitamente tan pequeñas que no podía concebirse algo menor, a las que denominaron átomos, hasta el modelo estándar actual se ha recorrido un largo e intenso camino que eclosionó en el siglo XX dando como resultado sorprendentes descubrimientos, algunos desarrollados en esta tesis, en el ámbito de la física, la cosmología, la química, la biología, la geología, las matemáticas, etc. Estos hallazgos han estado acompañados por un intenso desarrollo tecnológico no conocido en ninguna otra época de la historia de la humanidad. Dentro del campo de interés de esta tesis cabría destacar un dispositivo que se desarrolla como consecuencia de la teoría cuántica y que ha posibilitado en último término la revolución de la información vivida a finales del siglo XX y comienzos del siglo XXI.

10-3-6 EL TRANSISTOR COMO APLICACIÓN TECNOLÓGICA DEL MUNDO CUÁNTICO. CIRCUITOS INTEGRADOS Y MICROPROCESADORES

A principios del siglo XX el físico J. A. Fleming (1849-1945) desarrolló un moderno dispositivo con el que se podía controlar si pasaba o no pasaba la corriente eléctrica a través de un circuito. En el interior de un tubo de vacío colocó un filamento junto a una placa metálica; al conectar el polo negativo de una pila eléctrica al filamento caliente y el positivo a la placa circulaba, entre ambos polos y a través de un circuito eléctrico, una corriente eléctrica. Si se invertía la polaridad de la pila eléctrica, no circulaba prácticamente nada de corriente eléctrica. Este dispositivo se denominó diodo y en el año 1907 el ingeniero americano Lee de Forest (1873- 1961) introdujo en él, entre la placa y el filamento del diodo, un tercer electrodo

permitiendo así controlar el paso de la corriente eléctrica. Este dispositivo se bautizó con el nombre de tríodo⁶⁶⁶. A estos, y a otros dispositivos desarrollados posteriormente, se les denominó genéricamente *válvulas de vacío* y se consideran los dispositivos iniciales en el nacimiento de la electrónica. Estas válvulas tuvieron una amplia utilidad en la fabricación de emisores y receptores de radio reduciendo los costes de producción y popularizando la radio en la sociedad occidental durante el periodo de entreguerras. La nueva tecnología electrónica dio lugar a una revolución en las comunicaciones que se ha desarrollado de forma espectacular a lo largo de todo el siglo XX llegando hasta la actualidad.

A la radio le seguiría la televisión, permitiendo así escuchar y visualizar mensajes de sonido y de imagen; y el radar que, en un principio, tuvo aplicaciones militares para detectar aviones y barcos.⁶⁶⁷ El desarrollo de la electrónica permitió almacenar información sonora en registros magnéticos y ópticos. De la misma manera que en el campo de las telecomunicaciones la electrónica se introduce en el campo del procesamiento de la información. En 1938 C. E. Shannon (1916-2001) propone en su tesis doctoral la utilización de la lógica simbólica o álgebra de Boole, desarrollada por George Boole (1815-1864) en 1848, con la intención de simplificar el diseño de los circuitos de conmutación, diseñando un sumador eléctrico que operaba en base binaria e introduciendo así el uso de circuitos eléctricos de tipo digital. Este sería el primer paso para la construcción del primer ordenador electrónico, el ENIAC (Electronic Numerical Integrator and Calculator), diseñado y fabricado en la Universidad de

⁶⁶⁶ El tríodo está compuesto por tres electrodos: un cátodo k (negativo) emisor de electrones, un ánodo a (positivo) colector de electrones, que son los que configuran un diodo, entre los cuales se intercala el tercer electrodo denominado rejilla que controla la corriente de electrones que le llega al ánodo en función del potencial de rejilla y del ánodo. Los tríodos pueden realizar diversas tareas como la amplificación de señales eléctricas, la localización de corrientes de alta frecuencia y la producción de oscilaciones eléctricas.

⁶⁶⁷ La radio y la televisión transmiten sus mensajes de sonido e imagen a través del aire utilizando para ello bandas de frecuencia del espectro electromagnético, para lo cual la información de sonido e imagen que se desea transmitir se convierte en señal eléctrica, por medio de un transductor, se procesa, se modula y se envía a los receptores. El radar en cambio es emisor y receptor ya que envía un impulso de onda electromagnética y si encuentra por el camino un conductor eléctrico (hierro, cobre, aluminio, etc.) rebota recogiendo la antena receptora la misma señal y teniendo la posibilidad de calcular la distancia a la que se encuentra el objeto.

Pensilvania entre 1943 y 1946 por John Mauchly (1907-1980) y J. Presper Eckert (1919-1995). El ENIAC utilizaba 18.000 válvulas de vacío, pesaba 100 toneladas y consumía 150 KW; sus dimensiones eran enormes, 24,4 metros de longitud y 2,6 metros de altura, en comparación con los tamaños y capacidades de proceso de los ordenadores actuales. Esta situación iba a cambiar radicalmente en ambos campos, el de las telecomunicaciones y el del procesamiento de la información, gracias al desarrollo de un dispositivo electrónico, que probablemente es uno de los descubrimientos más trascendentales del siglo XX y marcará el inicio de la microelectrónica, el transistor.

En Diciembre de 1947, J. Barden (1908-1991) W. Shockley (1910-1989) y W.H. Brattain (1902-1987) presentaron al jefe de investigaciones de los Bell Telephone Laboratories un nuevo dispositivo al que denominaron *transistor*⁶⁶⁸. Conectando éste dispositivo a un micrófono y a unos auriculares demostraron que la señal de entrada, un susurro emitido al micrófono, aumentaba de forma espectacular a la salida gracias al transistor incorporado entre ambos transductores. Esto ya lo hacían las válvulas de vacío, en concreto el tríodo, sin embargo tenían el inconveniente de sus grandes dimensiones y la necesidad del calentamiento inicial de la rejilla del cátodo. El transistor no tuvo en un principio un gran éxito, al ser caros de producir y no funcionar demasiado bien; no obstante Shockley se dio cuenta de sus grandes posibilidades perfeccionándolo y desarrollando una estructura más sencilla, fiable y resistente que hoy conocemos como transistor de unión bipolar (BJT). Este dispositivo consta de tres regiones semiconductoras⁶⁶⁹, en un principio el elemento semiconductor utilizado era germanio para cambiar

⁶⁶⁸ Contracción de *transfer resistor*, que significa resistencia de transferencia. Lévy Éli. *Diccionario Akal de Física*. Ediciones Akal. Madrid.1992. Pág. 746

⁶⁶⁹ Los semiconductores son sólidos cuya conductividad eléctrica es intermedia entre la de los aislantes y la de los buenos conductores. En los materiales de estado sólido, la distribución de los electrones en la órbita más externa de los átomos (electrones de valencia) marca las propiedades del material en función de su conductividad eléctrica dándose así la llamada teoría de bandas de energía que se tiene su origen en las teorías de Bohr, Sommerfeld, el principio de exclusión de W. Pauli y en la mecánica cuántica:

después al silicio, diferentemente dopadas⁶⁷⁰: la región del emisor, la de la base y la del colector; dando lugar a transistores *nnp* o *pnp*. El emisor está fuertemente dopado y su misión es inyectar portadores en la base. La base esta dopada ligeramente y es muy delgada; siendo atravesada por la mayoría de los portadores que abandonan el emisor y se dirigen al colector. El colector tiene una impurificación media y recoge los portadores liberados por el emisor y que no ha recogido la base. Su zona es la más grande. La corriente principal que circula por el transistor entre el colector y el emisor está controlada por la corriente de base, y la potencia eléctrica para llevar a cabo este control es inferior a la potencia que puede desarrollar la corriente principal. Esta ganancia en potencia es la que nos permite la sustitución de las válvulas de vacío por transistores en los circuitos electrónicos. El bajo consumo de energía, su mayor velocidad de operación al no tener que caldear la rejilla, su pequeño volumen al ser un

-
- Los conductores, como el cobre (Cu) o la plata (Ag), donde existe una nube de electores de valencia libres, ya que están en las órbitas más externas de los átomos y ligados muy débilmente al núcleo. Cuando se encuentran sujetos a una fuerza de campo eléctrico, al aplicar un voltaje, estos electrones libres se desplazarán constituyendo una corriente eléctrica. La banda de valencia y la banda de conducción están yuxtapuestas
 - Los aislantes son dieléctricos, como el polietileno, donde los electrones de valencia están ligados al núcleo de los átomos. Estos electrones no están disponibles para constituir un flujo de corriente eléctrica. Existe una banda prohibida entre la banda de valencia y la banda de conducción
 - En los semiconductores, como el silicio (Si) o el germanio (Ge), son algunos electrones de valencia se encuentran disponibles para la conducción de la corriente eléctrica en la banda de conducción. Los mecanismos que están en el origen de la conducción han sido estudiados teóricamente utilizando la mecánica cuántica. La separación entre la banda de valencia y la de conducción es más pequeña que en los aislantes (banda prohibida) y puede ser superada por los electrones que se encuentran en la banda de conducción si estos consiguen la energía suficiente; esta energía puede obtenerse por calor, luz o por voltaje eléctrico.

⁶⁷⁰ Los átomos de los elementos semiconductores del cuarto grupo (Si y Ge) tienen cuatro electrones de valencia que son compartidos por átomos vecinos. Estos componen un enlace covalente (comparten pares de electrones) que limita la conducción de la corriente eléctrica, presentando baja conductividad y comportándose como aislante a bajas temperaturas. Si bien, a temperatura ambiente se pueden romper algunos enlaces y si se le aplica un campo eléctrico puede haber conducción eléctrica. Estos semiconductores que se encuentran en estado puro reciben el nombre de semiconductores intrínsecos. Existen también los semiconductores extrínsecos a los que se ha dopado o contaminado con un elemento de los grupos quinto o tercero para controlar su conductividad eléctrica dando lugar a dos tipos:

- Semiconductores tipo N. Al Si o al Ge se le agregan impurezas, llamadas donadoras, de elementos del quinto grupo como el Sb, el P o el As, que poseen cinco electrones de valencia. Al realizarse los enlaces covalentes quedaran electrones libres que serán portadores disponibles de corriente eléctrica.
- Semiconductores tipo P. Al Si o al Ge se le agregan impurezas, llamadas aceptoras, de elementos del tercer grupo como el B, Ga o In, que poseen tres electrones de valencia. Al realizarse los enlaces covalentes quedaran huecos libres que serán portadores disponibles de corriente eléctrica al aceptar electrones. El espacio vacante o hueco creado en la estructura de enlace es equivalente a un cambio positivo, listo para aceptar un electrón. La proliferación del hueco representa de manera equivalente un movimiento de portadores de carga positiva.

Una unión P-N es el resultado de colocar juntos un semiconductor de tipo P con otro del tipo N, dando lugar a un diodo semiconductor simple. En el transistor de unión bipolar (BJT) hay dos uniones P-N que forman tres regiones semiconductoras llamadas: emisor, base y colector. En función de si la zona P o N este entre medias de las otras dos tendremos dos tipos de transistores: el N-P-N y el P-N-P.

pequeño bloque de material semiconductor y su alta fiabilidad situó al transistor en una posición hegemónica respecto a las válvulas de vacío; iniciándose así la era de los circuitos del estado sólido. Sus dos funciones electrónicas fundamentales son la amplificación y la conmutación así como otras funciones complejas que de ellas se derivan⁶⁷¹. El transistor fue introduciéndose lentamente en el mercado, Texas Instruments los comenzó a fabricar para pequeñas radios portátiles, sin embargo el ejército americano advirtió grandes posibilidades en su aplicación desarrollando un programa de miniaturización de equipos militares, por ello el Departamento de Defensa invirtió 66 millones de dólares, entre 1955 y 1961, con la intención de ampliar todas las propiedades del dispositivo. El primer paso consistió en sustituir el germanio por el silicio, al funcionar mejor a temperaturas más elevadas, seguidamente favoreció la utilización del circuito impreso⁶⁷² pudiéndose realizar de esta manera circuitos complejos con gran cantidad de dispositivos. La evolución en el proceso de fabricación de transistores de silicio llevó a un proceso de fabricación simultánea de miles de transistores en una pequeña oblea de silicio que se denominó técnica *planar*⁶⁷³ y que desembocó en el circuito integrado, conocido comúnmente como *chip* o *microchip*.

⁶⁷¹ Para estudiar las características y el funcionamiento de los transistores bipolares de unión BJT se puede consultar: Sedra, Adel y Smith, Kenneth. *Circuitos microelectrónicos*. Editorial McGraw-Hill Interamericana. Quinta Edición. México 1998. Págs. 377-505.

⁶⁷² El circuito impreso se obtiene, como su nombre indica, por impresión de un diseño predeterminado de un circuito electrónico en la superficie de un soporte común, generalmente una placa de plástico con una fina superficie de cobre (conductor). La placa contiene las interconexiones eléctricas y los componentes unidos a través de ellas.

⁶⁷³ La técnica Planar fue ideada en 1957 por R.N_Noyce (1927-1990) entre otros investigadores reclutados por Shockley y fundadores de la compañía Fairchild Semiconductores en Palo Alto, génesis de lo que hoy se conoce como Silicon Valley. Para más información sobre el proceso de la técnica planar y la fabricación de circuitos integrados consultar: Fabricación de un circuito integrado de Craig R. Barrett. En “*semiconductores y superconductores*”. Investigación y ciencia. Temas 34. año 2003. Págs. 4-9.

Si se desea profundizar en la evolución de la microelectrónica y la formación de todo su tejido industrial consultar Hanson, Dirk. *Los nuevos alquimistas. Silicon Valley y la revolución microelectrónica*. Editorial Planeta Madrid 1984.

El circuito integrado nace de la idea, desarrollada por el ingeniero estadounidense Jack Kilby (1923-2005), de fabricar todos los componentes de un circuito electrónico⁶⁷⁴ con el mismo material, el silicio, con la intención de reducir el espacio al integrar todos los componentes en un mismo bloque. Texas Instruments, que dominaba la tecnología de fabricación de transistores de silicio, comenzó a fabricar circuitos integrados; el primero que fabricaría, diseñado por Kilby, tenía todos los componentes de silicio interconectados mediante hilos de oro y era un circuito digital llamado *flip-flop*⁶⁷⁵, fue realizado en el año 1958. Simultáneamente R.N.Noyce (1927-1990), de la compañía americana Fairchild Semiconductors propuso la técnica *planar* para la fabricación de los circuitos integrados en forma de *chips*. Los primeros chips fueron fabricados por Texas Instruments y Fairchild Semiconductors, contenían en su interior unos pocos componentes electrónicos, un grupo de transistores junto con otros elementos (resistencias, diodos, etc.), formando un circuito electrónico completo de dimensiones bastante más reducidas.

Los circuitos integrados aceleraron el desarrollo de la electrónica marcando el inicio de la microelectrónica que, como podemos comprobar en la actualidad, es protagonista indiscutible de todo el auge tecnológico de nuestra época. Esta afirmación se puede valorar si se analiza, de manera muy abreviada, la evolución de los ordenadores desde los años 50 hasta la actualidad.

⁶⁷⁴ En ese momento los circuitos electrónicos se realizaban conexionando los diferentes componentes (discretos) que lo integraban (resistencias, transistores, condensadores, bobinas, diodos, etc.) entre sí a través de una placa de circuito impreso. En la actualidad el circuito impreso se continua utilizando, una placa base del ordenador es un circuito impreso, pero aparte de los componentes anteriores se han incorporado los circuitos integrados (microprocesadores, amplificadores operacionales, circuitos integrados digitales o familias lógicas : TTL, CMOS, DTL, etc.) ganando en complejidad, miniaturización y prestaciones.

⁶⁷⁵ En electrónica son multivibradores biestables capaces de permanecer en un estado determinado o en el contrario, dependiendo de la aplicación de un impulso exterior, ofreciendo así la posibilidad de retener un suceso de corta duración durante un tiempo indefinido o hasta la aparición de otro nuevo suceso, esto es, impulsos eléctricos. Esta característica es ampliamente utilizada en electrónica digital para memorizar información.

Como comenté anteriormente se podría considerar el ENIAC como el primer ordenador digital y electrónico, si bien, era complejo de programar ya que cualquier modificación en el programa implicaba cambiar múltiples conexiones. En 1944 John von Neumann (1903-1957) propondrá el EDVCA (Electronic Discrete Variable Automatic Computer) o *máquina de Von Neumann*; un ordenador al que se le almacenan las instrucciones del programa y los datos en una misma memoria. Para programarlo había que utilizar un lenguaje (en código binario) en lugar de conexiones con cables. Tenía 4.000 válvulas de vacío y una memoria principal con una capacidad de 1K o 1.024 palabras. Estos ordenadores, pertenecientes a la primera generación, utilizaban la electrónica como tecnología de construcción pero eran muy lentos y sus capacidades de memoria eran muy pequeñas. El transistor posibilitó la segunda generación de ordenadores, su consumo de energía sería menor, así como su volumen, amentando su rapidez de proceso y la fiabilidad. El transistor fue el hilo conductor, como se ha visto anteriormente, que llevó a la fabricación del circuito integrado haciendo viable la tercera generación de ordenadores y extendiendo a muchos campos el proceso digital⁶⁷⁶ en el tratamiento de señales y de información. A mediados de los años 60 apareció un nuevo dispositivo denominado transistor MOS que tenía un comportamiento distinto al transistor de unión bipolar (BJT) de Shockley. El transistor de efecto de campo de semiconductor de óxido de metal (MOSFET Metal-Oxide Semiconductor Field- Effect- Transistor) es en la actualidad el dispositivo electrónico de más uso en el diseño y fabricación de circuitos integrados. En

⁶⁷⁶ Las señales, eléctricas o electromagnéticas, son las representaciones del mensaje (voz, música, texto o imágenes) que se quiere enviar. Las señales analógicas son las que tienen una forma análoga al fenómeno representado. Por ejemplo si queremos enviar sonido (voz en el caso de la señal de telefonía) la voz la convertimos en señal eléctrica (en voltios) a través de un micrófono (transductor) que transforma las variaciones de presión en su interior en variaciones eléctricas equivalentes o análogas a las variaciones de presión. Las señales digitales, sin embargo, no se parecen en nada al mensaje, tienen sólo dos valores de voltaje y la transición de un valor a otro se produce en momentos predeterminados. Se componen de ceros y unos, nivel alto-nivel bajo de voltaje, que se alternan en momentos predeterminados.

La digitalización es el proceso de transformación de una señal analógica en señal digital por medio de un convertidor analógico-digital que se encarga de realizar un muestreo de la señal analógica (toma de muestras a intervalos regulares), una cuantificación (cuanto vale cada muestra) y una codificación (convierte cada muestra en ceros y unos). Extraído de Huidobro. José M. *Manual de telecomunicaciones* Editorial Ra-Ma. Madrid 2004. Pág. 8-23.

comparación⁶⁷⁷ con los BJT los MOSFET son mucho más pequeños, más fáciles de fabricar y requieren poca potencia. Sus propiedades han hecho posible incluir grandes cantidades de MOSFET en un sólo chip de circuito integrado creando circuitos muy complejos.

R.N.Noyce abandono la compañía americana Fairchild Semiconductors, junto con otros investigadores, con la intención de desarrollar circuitos integrados con la nueva tecnología MOS fundando, a inicios de los años 70, una nueva compañía a la que pusieron de nombre Intel. Creando con esta nueva tecnología la primera memoria semiconductora y el primer microprocesador, en el año 1971, un chip que contenía todos los circuitos necesarios de la unidad central de procesamiento (CPU) de un ordenador. Este microprocesador estaba fabricado con tecnología PMOS⁶⁷⁸ (tiene huecos como portadores de carga) sus dimensiones eran de 3,6x2,8 mm y contenía 2.300 transistores. *“El microprocesador 4004 no era un ordenador completo, pero era el corazón. Si se conectaban dos chips de memoria, uno de entrada/salida y otro para generar los impulsos de reloj, en total cinco chips, se convertía en un pequeño ordenador a un precio irrisorio y se podía producir en masa”*⁶⁷⁹. El microprocesador es el causante y el principal protagonista de la revolución tecnológica en la cual estamos inmersos, extendiéndose a todos los ámbitos y propiciada por las nuevas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (TIC). Los microprocesadores y las memorias semiconductoras están presentes en la gran mayoría de los equipos y sistemas electrónicos

⁶⁷⁷ Para comparar el BJT con el MOSFET consultar: Sedra, Adel y Smith, Kenneth. *Circuitos microelectrónicos*. Editorial McGraw-Hill Interamericana. Quinta Edición. México 1998. Pág. 547-561.

⁶⁷⁸ Un MOSFET de canal p del tipo de enriquecimiento, fabricado en un sustrato tipo n con sesiones p para el drenaje y la fuente, tiene huecos como portadores de carga. La tecnología PMOS domino originalmente la factura de MOS. Si bien, al ser los dispositivos NMOS más pequeños, rápidos y con un voltaje de alimentación menor que el PMOS; la tecnología NMOS se impuso en un principio Sin embargo, en la actualidad la tecnología MOS dominante es la CMOS. Sedra, Adel y Smith, Kenneth. *Circuitos microelectrónicos*. Editorial McGraw-Hill Interamericana. Quinta Edición. México 1998. Pág. 247

⁶⁷⁹ Serra Mestres, Francesc y Ripoll Aracil, Ana. *Microelectrónica y ordenadores. 10 impactos de la ciencia del siglo XX*. Eumo Editorial Universidad de Vic. 2000. Traducción al castellano Fondo de Cultura Económica de España. Madrid 2002. Pág. 215.

actuales propiciando este espectacular desarrollo en todos los ámbitos con un dinamismo jamás visto, como en el ya lejano 1985 Tom Forrester exclamaba “*si la tecnología de la automoción hubiera tenido un desarrollo parecido al de la informática, hoy (1985) se podría disponer de un Rolls Royce con la potencia de un transatlántico por menos de 100 pesetas y, además capaz de dar 25 veces la vuelta al mundo con sólo un litro de gasolina*”⁶⁸⁰. Veinticinco años después podemos comprobar que la informática y las comunicaciones electrónicas se han extendido a todos los sectores y para todas las funciones de la actividad humana, favoreciendo otra revolución gracias al desarrollo de la red de redes, Internet, y dando lugar a “*la aplicación que más espectacularmente ha incrementado la extensión mundial de Internet en la última década, la llamada Tela de Araña Universal (World Wide Web)*”⁶⁸¹ que pone la información al alcance de todos en cualquier lugar del planeta⁶⁸². Todo el desarrollo y la evolución tecnológica en la cual estamos inmersos ha sido posible gracias a una rama de la física vinculada directamente con la física cuántica: la física del estado sólido o de la materia condensada, que posibilitó el uso de los materiales semiconductores desarrollando el transistor y los circuitos integrados y dando lugar a los microprocesadores como elemento básico y protagonista de la revolución del conocimiento.

⁶⁸⁰ Barcelo, Miquel. *La revolución de las infotecnologías. 10 impactos de la ciencia del siglo XX*. Eumo Editorial Universidad de Vic. 2000. Traducción al castellano Fondo de Cultura Económica de España. Madrid 2002. Pág. 251.

⁶⁸¹ Garrido, Manuel. *La explosión de la tecnología: tres metáforas para el siglo XXI. El legado filosófico y científico del siglo XX*. Editorial Cátedra. Madrid. 2007. Pág. 876.

⁶⁸² La red Internet nace con la intención de disponer de una red informática invulnerable para las comunicaciones entre computadores del ejército norteamericano. En 1969, la primitiva red Arpanet conecta ordenadores de algunas universidades norteamericanas a través de una línea telefónica conmutada, evitando que algún ordenador de la red fuera el ordenador principal. En 1980 se creó un protocolo de comunicaciones TCP/IP y se unieron varias redes: Arpanet, red de investigación universitaria; Milnet, red militar y CSNET red informática, dando lugar, en 1983 a la red Internet a la cual accedieron progresivamente más y más ordenadores hasta la actualidad, que gracias a la WWW la popularización y el incremento del uso de la red Internet ha sido inaudito. La WWW, desarrollada por investigadores del CERN, es un sistema donde documentos de hipertexto, enlazados y accesibles a través Internet, se ponen al alcance de todo el mundo. Por medio de un navegador web un usuario puede visualizar sitios web, compuestos de páginas web que pueden contener texto, imágenes, video y multimedia, navegando a través de ellas usando hiperenlaces.

10-4 MECÁNICA CELESTE Y RELATIVIDAD

10-4-1 SOBRE EL SISTEMA DEL MUNDO

La antigua visión del cosmos propuesta por Aristóteles (382-322 a.C.) y Claudio Ptolomeo (87-150 d.C.) en la cual la Tierra, fija e inmóvil, era el centro del Universo donde los planetas y estrellas, unidos a esferas perfectas y cristalinas, giraban alrededor de ella, era una hipótesis construida a partir del movimiento aparente de los cielos respecto a un observador situado en una Tierra inmóvil. Este observador parte de una experiencia tan natural y cotidiana como es el movimiento del sol, desde el amanecer al atardecer, y las observaciones del número y posición de los cuerpos celestes, llegando a desarrollar un modelo denominado geocéntrico, cuya representación se puede advertir en la esfera armilar, que estuvo vigente desde la antigüedad hasta el renacimiento con el dogmático apoyo de la Iglesia *“los cielos estaban habitados por ángeles, demonios y por la mano de Dios, que hacía girar las esferas planetarias de cristal. No había lugar en la ciencia para la idea de que subyaciendo a los fenómenos de la Naturaleza pudiese haber leyes físicas”*⁶⁸³. Sin embargo el clérigo polaco Nicolás Copérnico (1473-1543) propuso un nuevo modelo argumentando su utilización para calcular las posiciones de los planetas y con el fin de evitar un enfrentamiento frontal con la Iglesia; en él cambió la posición de la Tierra otorgándole al Sol la posición central y proponiendo así un modelo denominado heliocéntrico, ya sugerido en el siglo III a.de C. por Aristarco de Samos sin obtener ningún respaldo a pesar de su prestigio con sabio. Estudiando los movimientos planetarios llegó a la conclusión de que la Tierra era un planeta más que, al igual que los demás planetas, trazaba órbitas circulares alrededor del Sol quedando el Universo organizado de la siguiente forma: *“Las esferas celestes se inscriben unas dentro de otras según el orden siguiente. La superior es la esfera*

⁶⁸³ Sagan, Carl. *Cosmos*. Editorial Planeta. Barcelona. 2004. Capítulo III. Pág. 53.

*inmóvil de las estrellas fijas que contiene a todas las demás cosas y las da un lugar. Inmediatamente después se encuentra la esfera de Saturno, seguida por la de Júpiter y, a continuación por la de Marte. Debajo de ésta se halla la esfera en la que nosotros giramos, a la cual siguen la esfera de Venus y finalmente la de Mercurio. La esfera lunar, por su parte, gira en torno al centro de la Tierra y es arrastrada con ella a la manera de un epiciclo.*⁶⁸⁴ Esta ruptura con el modelo geocéntrico supuso un cambio de paradigma tan profundo que afectó a la ciencia, la filosofía y la religión, inaugurando la astronomía moderna y perturbando el dogma eclesiástico. Su teoría no fue divulgada en un principio con el fin de no escandalizar a las autoridades religiosas, si bien, su obra cumbre *De revolutionibus orbium coelestium* (*Sobre las revoluciones de los orbes celestes*), conocida como *De revolutionibus*, publicada en el año de su muerte 1543 llegó a manos de astrónomos que comenzaron a considerarla verídica creando una gran controversia y abriendo las puertas a un mundo totalmente distinto como el propuesto por el malogrado, astrónomo, filósofo, religioso y poeta, Giordano Bruno (1548-1600) defensor de la teoría heliocéntrica y de la teoría del también copernicano Thomas Digges (1546-1595) que postulaba que el Sol era una estrella más en un Universo lleno de infinitas estrellas, a lo cual Bruno añadió que debía de haber vida en algún otro lugar del Universo; por ello fue condenado por la Inquisición a la pena de muerte en la hoguera en el año 1600, desaprobándose contundentemente las teorías de Copérnico e incluyendo su libro *De revolutionibus* en el Índice de libros prohibidos, desanimando de esta manera la investigación astronómica que se fundamentara en la teoría heliocéntrica. No obstante, en el año 1610 el astrónomo y matematico italiano Galileo Galilei (1564 – 1642) escribió un pequeño libro titulado *El mensajero sideral* (*Sidereus Nuncius*) donde describía sus

⁶⁸⁴ Citado por Artola, Miguel. Sánchez Ron, José Manuel. *Los Pilares de la ciencia*. Editorial Espasa Calpe. Madrid 2012. Pág. 128. Texto perteneciente al manuscrito de Copérnico conocido como Commentariolus. Comentario sobre las teorías de los movimientos de los objetos celestes a partir de sus disposiciones. Escrito en el año 1514.

observaciones con un nuevo instrumento que denominaría como telescopio percibiendo sucesos que permanecían ocultos a la humanidad: la Vía Láctea era un extensísimo conjunto de estrellas que estaban separadas; alrededor de Júpiter orbitaban cuatro lunas, hecho que cuestionaba un geocentrismo que aseguraba que todos los cuerpos celestes giraban alrededor de la Tierra; observo las fases de Venus, confirmando el modelo heliocéntrico al girar el planeta alrededor del Sol. Todas estas observaciones le llevaron a difundir el modelo heliocéntrico propuesto por Copérnico y a escribir su *Diálogo sobre los dos máximos sistemas del mundo, ptolemaico y copernicano*, (*Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo tolemaico e copernicano*) publicado en 1632, en el cual presenta tres personajes que protagonizan ese diálogo: Simplicio representa la postura aristotélica; Sagredo es una especie de moderador neutral y Salviati es el defensor del sistema heliocéntrico propuesto por Copérnico. Galileo presenta las teorías a través de sus personajes intentando evitar el posicionamiento a favor de cualquiera de los dos bandos, sin embargo, se advertía una clara posición hacia el sistema heliocéntrico al reprobar el aristotelismo. El libro dejó de imprimirse en marzo de 1632 y Galileo fue convocado a juicio donde se le obligó a abjurar de la herejía de la teoría copernicana tal y como se muestra a continuación:

"Yo, Galileo Galilei, hijo del difunto florentino Vincenzo Galilei, de setenta años de edad, compareciendo personalmente en el juicio y arrodillado ante Vosotros, Eminentísimos y Reverendísimos Cardenales, Inquisidores generales contra la perversidad herética en toda la República Cristiana, teniendo ante mis ojos los Sacrosantos Evangelios que toco con mis propias manos, juro que siempre he creído, creo ahora y con la ayuda de Dios creeré en el futuro, todo aquello que considera, predica y enseña la Santa, Católica y Apostólica Iglesia.

Mas como por este Santo Oficio, tras haber sido jurídicamente intimado mediante precepto a que de cualquier modo debía abandonar totalmente la falsa opinión de que el Sol es el centro del Universo y que no se mueve, y que la Tierra no es el centro del Universo y que se mueve, y que no podía sostener, defender ni enseñar en modo alguno, ni de palabra ni por escrito, la mencionada falsa doctrina, y después de haberme sido notificado que la citada doctrina es contraria a las Sagradas Escrituras, por haber yo escrito y publicado un libro en el cual trato de dicha doctrina y aporto razones muy eficaces en favor suyo sin aportar solución alguna, he sido juzgado vehementemente como sospechoso de herejía, esto es, de haber creído y sostenido que el Sol es el centro del Universo y que es inmóvil, y que la Tierra no es el centro y que se mueve.

Por ello, queriendo apartar de la mente de Vuestras Eminencias y de todo fiel cristiano esta vehemente sospecha, justamente concebida a propósito mío, con sinceridad de corazón y no fingida fe abjuro, maldigo y aborrezco los mencionados errores y herejías, y en general cualquier otro error, herejía o secta contraria a la Santa Iglesia; y juro que en el futuro no oiré nunca más ni afirmaré, por escrito o de palabra, cosas por las cuales pueda ser objeto de semejantes sospechas; y si conociera algún hereje o alguno que fuera sospechoso de herejía lo denunciaré a este Santo Oficio, o ante el Inquisidor u Ordinario del lugar donde me halle. Juro también y prometo cumplir y observar enteramente todas las penitencias que me han sido o me serán impuestas por este Santo Oficio, y si contravengo alguna de estas promesas y juramentos, cosa que no quiera Dios, me someto a todas las penas y castigos que los sagrados cánones y otras constituciones generales y particulares imponen y promulgan contra semejantes delitos. Que Dios me ayude, y estos sus Santos Evangelios que toco con mis propias manos.

Yo, Galileo Galilei, he abjurado, jurado, prometido y me he obligado del modo que figura más arriba. En testimonio de la verdad he escrito la presente cédula de abjuración y la he recitado palabra por palabra en Roma, en el convento de Minerva, este 22 de junio de 1633.

En Roma, en el convento de la Minerva, 22 de junio de 1633; yo, Galileo Galilei, he abjurado conforme se ha dicho antes por mi propia mano.”⁶⁸⁵

Galileo fue condenado a prisión perpetua hasta su muerte, durante su reclusión acabo de escribir uno de los grandes libros de la física: *Dialogo sobre dos nuevas ciencias*, (*Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno a due nuove scienze attenenti alla meccanica & i movimenti local*) 1638, en el que estableció las leyes del movimiento acelerado que rigen la caída de los cuerpos, así como los principios de la mecánica anticipándose a las leyes del movimiento de Newton, contribuyendo de manera decisiva al desarrollo científico tal y como reconoció posteriormente Albert Einstein: “*Las proposiciones obtenidas por métodos puramente lógicos son completamente vacías en lo que respecta a su relación con la realidad. Que Galileo lo advirtiera, y particularmente que lo anunciara al mundo científico, lo convierte en el padre de la física moderna, es decir, de la ciencia moderna*”⁶⁸⁶.

Johannes Kepler (1571-1630) fue coetáneo de Galileo y partidario del sistema propuesto por Copérnico consiguiendo, a partir de su teoría heliocéntrica, ordenar el movimiento de los planetas, demostrando la validez del modelo heliocéntrico del sistema planetario y logrando su aceptación. Primeramente Kepler consideró que el movimiento de los planetas debía cumplir

⁶⁸⁵ Declaración de abjuración que Galileo firmó en Roma. Citado por Artola, Miguel. Sánchez Ron, José Manuel. *Los Pilares de la ciencia*. Editorial Espasa Calpe. Madrid 2012. Pág. 181.

⁶⁸⁶ Einstein, Albert. Citado por Hawking, Stephen. *A hombros de gigantes. Las grandes obras de la física y la astronomía*. Editorial Crítica. Barcelona. 2012. Pág. 62.

las leyes pitagóricas de la armonía. Esta teoría es conocida como la música o la armonía de las esferas celestes. En su visión cosmológica no era casualidad que el número de planetas conocidos en su época fuera uno más que el número de poliedros perfectos. Por ello intentó demostrar que las distancias de los planetas al Sol venían dadas por esferas en el interior de poliedros perfectos, anidadas sucesivamente unas en el interior de otras. En la esfera interior estaba Mercurio mientras que los otros cinco planetas: Venus, Tierra, Marte, Júpiter y Saturno estarían situados en el interior de los cinco sólidos platónicos correspondientes también a los cinco elementos clásicos. Sin embargo fue partir de los datos obtenidos por el astrónomo Tycho Brahe (1546-1601), considerado el más grande observador del cielo en el período anterior a la invención del telescopio ya que disponía de los mejores observatorios astronómicos de su época⁶⁸⁷, pero no tenía los conocimientos matemáticos ni la capacidad analítica suficiente para comprender el movimiento planetario, cuando Kepler consiguió descifrar el movimiento de los planetas. Tycho le indicó que examinase Marte porque su movimiento aparente se desviaba de una órbita supuestamente circular; en un primer momento Kepler intentó explicar las observaciones suponiendo que la Tierra y Marte se movían en órbitas circulares alrededor del Sol, no coincidiendo sus cálculos orbitales con las observaciones de Tycho; este hecho le obligó a renunciar a la perfección geométrica de las órbitas circulares, intentando primero con figuras ovaladas desechándolas para, a continuación, recurrir a la fórmula de la elipse, propuesta por el geómetra griego Apolonio de Pérgamo (262 a.C.-190ª.C.), descubriendo que se ajustaba a la perfección con las observaciones realizadas por Tycho.

⁶⁸⁷ El Uraniborg 'Castillo de Urania' era un centro astronómico construido como un palacio entre los años 1576 y 1580 por el rey Federico II de Dinamarca y ubicado en la isla danesa de Ven y disponía de todos los instrumentos y talleres necesarios para la construcción de los instrumentos de medida diseñados por Tycho y el observatorio Stjerneborg 'Castillo de estrellas' construido al descubrir que el emplazamiento del Uraniborg no era lo bastante estable para sus instrumentos de precisión.

“Kepler había descubierto que Marte giraba alrededor del Sol siguiendo no un círculo sino una elipse. Los otros planetas tienen orbitas mucho menos elípticas que Marte, y si Thycho le hubiera aconsejado estudiar el movimiento, por ejemplo, de Venus Kepler nunca hubiera descubierto las órbitas verdaderas de los planetas. En este tipo de órbitas el Sol no está en el centro, sino desplazado, en un foco de la elipse. Cuando un planeta cualquiera está en su punto más próximo al Sol, se acelera. Cuando está en el punto más lejano, va más lento. Es éste el movimiento que nos permite decir que los planetas están siempre cayendo hacia el Sol sin alcanzarlo nunca. La primera ley del movimiento planetario de Kepler es simplemente ésta: Un planeta se mueve en una elipse con el Sol en uno de sus focos.

En un movimiento circular uniforme, un cuerpo recorre en tiempos iguales un ángulo igual o una fracción igual del arco de un círculo. Así, por ejemplo, se precisa el doble de tiempo para recorrer dos tercios de una circunferencia que para recorrer sólo un tercio de ella. Kepler descubrió que en una órbita elíptica las cosas son distintas. El planeta, al moverse a lo largo de su órbita, barre dentro de la elipse una pequeña área en forma de cuña. Cuando está cerca del Sol, en un período dado de tiempo traza un arco grande en su órbita, pero el área representada por ese arco no es muy grande, porque el planeta está entonces cerca del Sol. Cuando el planeta está alejado del Sol cubre un arco mucho más pequeño en el mismo período de tiempo, pero ese arco corresponde a una área mayor, pues el Sol está ahora más distante. Kepler descubrió que estas dos áreas eran exactamente iguales, por elíptica que fuese la órbita: el área alargada y delgada correspondiente al planeta cuando

*está alejado del Sol, y el área más corta y rechoncha cuando está cerca del Sol, son exactamente iguales. Ésta es la segunda ley del movimiento planetario de Kepler: Los planetas barren áreas iguales en tiempos iguales.”*⁶⁸⁸

El descubrimiento de las orbitas elípticas abrió una nueva era en la astronomía al demostrar matemáticamente el modelo heliocéntrico copernicano y de esta forma poder predecir los movimientos de los planetas. Estas leyes fueron publicadas en 1609 en un libro titulado *Nueva astronomía (Astronomia nova)*, posteriormente escribiría su obra esencial *Las armonías del mundo (Harmonices Mundi)*, donde expone su tercera ley que junto con las otras dos leyes permitía ya unificar, predecir y comprender todos los movimientos de los astros. “*Kepler terminó Las armonías del mundo el 27 de mayo de 1618. En esta serie de cinco libros, extendió su teoría de la armonía de la música, la astrología, la geometría y la astronomía. La serie incluyó su tercera ley de los movimientos planetarios, que unos sesenta años más tarde inspiraría a Isaac Newton, y que establece que los cubos de las distancias medias de los planetas al Sol son proporcionales a los cuadrados de sus periodos de revolución. En síntesis, Kepler descubrió cómo orbitan los planetas, y al conseguirlo, allanó el camino para que Newton descubriera por qué*”⁶⁸⁹

Isaac Newton (1643- 1727) es probablemente el científico más importante de la historia de la ciencia al demostrar, entre otros muchos hallazgos, que las leyes naturales que gobiernan el movimiento en la Tierra y las que gobiernan el movimiento de los cuerpos celestes son las mismas, encontrando con ello el sistema por el que se rige el mundo. Con él la Revolución Científica, iniciada en 1543 con la publicación de *De revolutionibus orbium coelestium (Sobre las revoluciones de los orbes celestes)* de Nicolás Copérnico, llega a su plenitud; aportando nuevas ideas y conocimientos en matemáticas, física,

⁶⁸⁸ Sagan, Carl. *Cosmos*. Editorial Planeta. Barcelona. 2004. Capítulo III pág. 61

⁶⁸⁹ Hawking, Stephen. *A hombros de gigantes. Las grandes obras de la física y la astronomía*. Editorial Crítica. Barcelona. 2012. Pág. 112.

astronomía, biología, medicina y química que transformaron las visiones antiguas y medievales sobre la naturaleza y sentaron las bases de la ciencia moderna. Newton desarrolló el cálculo infinitesimal, que también fue definido de manera independiente y simultánea por Gottfried Wilhelm Leibniz (1646-1716); explicó la mecánica y el movimiento planetario a través de las leyes del movimiento y la atracción formulando la fuerza de la gravitación; además de teorizar sobre la luz y el color; experimentar con la alquimia y reflexionar sobre teología.

Kepler describió con precisión el movimiento de los planetas alrededor del Sol pero sin explicar porque los planetas se movían así, intuyendo una relación *magnética* entre el Sol y los planetas; Newton “*aplicando su propia ley de la fuerza centrífuga a la tercera ley de Kepler del movimiento planetario (la ley de las armonías) dedujo la ley del inverso de los cuadrados, que establece que la fuerza de la gravedad entre dos objetos cualesquiera es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre los centros de los objetos. Newton reconocía así que la gravitación es universal: que una sola fuerza, la misma fuerza, hace que una manzana caiga al suelo y que la Luna gire alrededor de la Tierra*”⁶⁹⁰ Newton dio a entender los fenómenos físicos más importantes del Universo observable, explicando las tres leyes de Kepler sobre el movimiento planetario. La condición empírica, basada en las observaciones de Tycho Brahe, de las tres leyes de Kepler tenían ahora su desarrollo teórico que expuso en su extraordinaria obra *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* (Principios matemáticos de la filosofía natural), también conocido como *Principia*.

⁶⁹⁰ Hawking, Stephen. *Op. Cit.* Pág. 156.

Publicado en 1687, la obra consta de tres volúmenes; el primero recoge las tres Leyes del Movimiento de Newton que permiten explicar tanto el movimiento de los astros, los movimientos de los proyectiles artificiales, así como toda la mecánica de funcionamiento de las máquinas, describiendo la variación en la posición de los cuerpos en el transcurso del tiempo:

- Primera ley de Newton o ley de la inercia

Todo cuerpo tiende a mantener su estado de reposo o movimiento uniforme y rectilíneo a no ser que sea obligado a cambiar su estado por fuerzas ejercidas sobre él.

- Segunda ley de Newton o ley de aceleración

El cambio de movimiento es proporcional a la fuerza que actúa sobre el cuerpo; y tiene lugar en la dirección en que se aplica la fuerza.

- Tercera ley de Newton o ley de acción y reacción

Para toda acción hay siempre una reacción opuesta e igual. Las acciones recíprocas de dos cuerpos entre sí son siempre iguales y dirigidas en sentidos opuestos.

El Libro Segundo, también llamado *El Movimiento de los Cuerpos en Medios Resistentes*, es básicamente un tratado sobre la mecánica de fluidos, al final del mismo cuestiona la teoría de vórtices de René Descartes (1596-1650) que también intentaba explicar porque los planetas se movían alrededor del Sol. El Libro Tercero es el denominado *Sobre el sistema del mundo* y en el desarrolla la ley de la gravitación universal “que al ser insertada en la segunda ley del movimiento $F = m * a$ permitía determinar la trayectoria de los cuerpos sometidos a esa fuerza, la misma, sostuvo Newton, que hace que los cuerpos caigan

en la tierra y que los cuerpos celestes se muevan como lo hacen”⁶⁹¹. Newton aplicó los principios matemáticos desarrollados en el Libro Primero para justificar el movimiento de los planetas y los satélites, destacando que la Luna gravita hacia la Tierra con lo cual la fuerza centrípeta que actúa sobre la Luna es la fuerza de la gravedad, justificando este suceso al demostrar que la gravedad terrestre sigue la ley inversa al cuadrado de la distancia. Newton unificó el cielo y la tierra en su teoría de la gravedad, una ley única que rige los movimientos de los planetas, las mareas y la caída de los cuerpos en la Tierra llegando así a realizar una unificación de la imagen de la Naturaleza. La gravedad fue la primera fuerza que se entendió científicamente. Las ecuaciones que describían esta ley realizaban predicciones muy exactas del movimiento de los cuerpos y aún hoy se mantienen vigentes.

“Kepler y Newton representan una transición crítica en la historia de la humanidad, el descubrimiento de que hay leyes matemáticas bastante simples que se extienden por toda la naturaleza; que las mismas reglas son válidas tanto en la Tierra como en los cielos; y que hay una resonancia entre nuestro modo de pensar y el funcionamiento del mundo. Ambos respetaron inflexiblemente la exactitud de los datos observacionales, y la gran precisión de sus predicciones sobre el movimiento de los planetas proporcionó una prueba convincente de que los hombres pueden entender el Cosmos a un nivel insospechadamente profundo. Nuestra moderna civilización global, nuestra visión del mundo y nuestra exploración del Universo tienen una deuda profunda para con estas concepciones”⁶⁹².

⁶⁹¹ Artola, Miguel. Sánchez Ron, José Manuel. *Op Cit.* Pág 211.

⁶⁹² Sagan, Carl. *Op. Cit.* Pág 69.

Ya en el siglo XX la ley de la gravitación universal iba a ser cuestionada “por el mayor físico teórico que jamás haya existido”⁶⁹³ Albert Einstein (1879-1955) que “*construyó una teoría basada en dos postulados básicos. El primero, Principio de relatividad –presente ya en la mecánica de Newton-, mantiene que las leyes de la física no se ven afectadas por el hecho de que se las describa en sistemas de referencia inerciales diferentes, mientras que el segundo afirma que la velocidad de la luz es la misma en todos los sistemas de referencia inerciales; esto es, que es independiente del estado de movimiento del cuerpo que la emite, una suposición profundamente contraintuitiva y que violenta a la física newtoniana*”⁶⁹⁴. Es decir la velocidad de la luz es un límite que no se puede superar en el Universo, este límite contradecía la teoría de Newton que predice que si el Sol desapareciera, inmediatamente los planetas abandonarían sus órbitas perdiéndose en el espacio, al ser la gravedad una fuerza que actúa instantáneamente a cualquier distancia; sin embargo, las investigaciones sobre la luz llevadas a cabo por Einstein decían que la velocidad de luz era una magnitud insuperable en el Universo y nada puede ir más rápido, ni siquiera la gravedad, luego ¿por qué los planetas abandonarían sus órbitas de manera instantánea si la gravedad no puede ser más rápida que la luz?, como mínimo tardarían en abandonar sus posiciones el tiempo que tarda en llegar la luz del Sol a cada uno de los planetas. La luz del Sol tarda en recorrer los 150 millones de kilómetros que le separan de la Tierra ocho minutos, entonces la Tierra no puede abandonar su órbita instantáneamente, necesitará como mínimo ocho minutos. Con las ecuaciones de Newton se podía calcular el movimiento de los planetas, se comprendía porque los planetas siguen sus órbitas, funcionaban y funcionan, no obstante, Einstein descubrió esta cuestión y propuso un nuevo modelo de Universo en el cual la gravedad no

⁶⁹³ Hawking, Stephen. Op. Cit. Pág 197.

⁶⁹⁴ Artola, Miguel. Sánchez Ron, José Manuel. Op Cit. Pág. 642.

excedía la velocidad de la luz, proponiendo una fuerza gravitatoria que se desplaza como una onda a la velocidad de la luz a través de un tejido espacio-temporal compuesto por curvaturas y pliegues. Llevándole a desarrollar una teoría general del espacio, el tiempo y la gravedad que explicó en una obra publicada en 1916 denominada *Fundamentos de la teoría de la relatividad general*⁶⁹⁵. La gravedad no es ya una fuerza o acción a distancia, como era en la gravedad newtoniana, sino una consecuencia de la curvatura del espacio-tiempo, la gravedad puede deformar el espacio y alterar la trayectoria de la luz, hecho que pudo demostrarse en 1919; al producirse un eclipse total de Sol se realizaron fotografías de las estrellas más cercanas al Sol, estas fotografías fueron comparadas con fotografías de las mismas estrellas en el cielo nocturno comprobándose que durante el eclipse la luz de las estrellas más cercanas al Sol habían acercado sus posiciones hacia él por el efecto de desviación de la gravedad solar.⁶⁹⁶

Antes de proponer su teoría general de la relatividad en 1916 Einstein desarrollo una serie de geniales ideas sobre materia y energía, movimiento y espacio y espacio y tiempo. Sería en el año 1905 el que marcaría el inicio de su genial trayectoria como científico con la publicación de tres importantes trabajos sobre física teórica en la revista *Annalen der Physik*, en ellos explicaba el movimiento browniano, el efecto fotoeléctrico y desarrollaba la relatividad especial y la equivalencia masa-energía.

⁶⁹⁵ La Teoría General de la Relatividad desarrollada por Einstein se expone en este apartado de forma muy simplificada, intentando que se advierta su posición con respecto a la de la gravedad propuesta por Newton. Una comprensión completa de la teoría general exige el empleo de matemáticas avanzadas y muy complejas, por lo cual he recurrido a una sencilla explicación propuesta en el documental *El Universo Elegante* Capítulo 1. El sueño de Einstein. <http://www.youtube.com/watch?v=NBmpZwYZlrs> [23-11-12]. Basado en el libro de Greene, Brian. *El Universo Elegante*, Editorial Crítica. Barcelona 2006.

⁶⁹⁶ Esta demostración fue realizada por dos expediciones organizadas por Sir Arthur Eddington (1882-1944) astrónomo y matemático británico que entendió la trascendencia de la propuesta realizada por Einstein. Las expediciones se realizaron en dos lugares del planeta donde se observaría el eclipse de Solen su totalidad: África Occidental y Sudamérica constatando el desplazamiento de las estrellas cercanas al Sol.

En el primero de los artículos *Sobre un punto de vista heurístico concerniente a la producción y transformación de la luz* descubre que la luz está compuesta por partículas diminutas a las que denominó cuantos de luz (más tarde conocidas como fotones) y no sólo por ondas electromagnéticas, como se creía hasta entonces, un trabajo que le valió en 1921 el Premio Nobel de Física. En él Einstein extendió a la radiación electromagnética la discontinuidad cuántica que Planck había introducido en la física cinco años antes,

En otro de los grandes artículos publicados en 1905 titulado *Sobre el movimiento requerido por la teoría cinético-molecular del calor para partículas pequeñas suspendidas en fluidos estacionarios*, Einstein plantea que la existencia de los átomos de tamaño finito se puede comprobar. En 1827, el botánico escocés Robert Brown observó a través de su microscopio que los granos de polen que flotan sobre el agua se balancean sin rumbo y Einstein se pregunta el porqué de este movimiento si el agua está en reposo. La respuesta que dio el sabio alemán es que los granos de polen se mueven porque chocan con las moléculas del agua.

Y con el estudio *Sobre de la electrodinámica de los cuerpos en movimiento*, creó la teoría de la relatividad especial, un sistema teórico-conceptual que disipaba las discrepancias surgidas entre la mecánica newtoniana y la electrodinámica propuesta por Maxwell. Su demostración asombró al mundo al exponer una idea que revolucionaría la física: el tiempo y el espacio no son valores absolutos, como se pensaba desde Newton, sino relativos. Un ejemplo de ello es la paradoja de los gemelos pues, si uno de ellos decide viajar al espacio a la velocidad de luz, al cabo de unos años, el gemelo que se quedó en la Tierra habrá envejecido mientras que su hermano será más joven. Según Einstein el tiempo se ralentiza al acercarse a la velocidad de la luz. De aquí, nace la Teoría de la Relatividad Especial que postula que la velocidad de la luz es siempre

constante, además, de esta teoría surge la célebre ecuación $E = m * c^2$ que llevó a la compresión de la aparentemente infinita energía que se produce en los procesos radiactivos descubiertos por Becquerel en 1896 y comprobándose esa equivalencia entre masa y energía en las explosiones nucleares durante la II Guerra Mundial.

A partir de 1911 Einstein investigará una nueva teoría acerca de la interacción gravitacional compatible con su teoría de la relatividad especial, la teoría de la gravitación universal de Newton no satisfacía los requisitos de la relatividad especial; desarrollando, tal y como se ha comentado al principio, la teoría general de la relatividad. Inaugurando una nueva época para la comprensión del Universo y la cosmología⁶⁹⁷, la astrofísica nace a partir del desarrollo de la espectroscopia y la cosmología moderna a partir de la teoría general de la relatividad, en la actualidad el estudio de la cosmología se centra en la física de partículas. El principal instrumento de la cosmología actual no son los telescopios, sino los grandes aceleradores de partículas; éstos, a través de colisiones entre haces de partículas, buscan nuevas partículas y sucesos que ayuden a resolver muchos misterios que aún quedan por aclarar como son, entre muchos otros, la composición de la materia oscura, qué pasó en los primeros momentos del Universo, o si existen otras dimensiones que no vemos. Volvemos a cerrar el macrocosmos con el microcosmos en una metáfora de un Universo de simetría esférica, que cambia la geometría euclídeana por la geometría

⁶⁹⁷ La cosmología física, es la rama de la astrofísica que estudia la estructura a gran escala y la dinámica del Universo. En particular, trata de responder las preguntas acerca del origen, la evolución y el destino del Universo. La cosmología física, tal y como se comprende actualmente, comienza en el siglo XX con el desarrollo de la Teoría general de la relatividad de Albert Einstein y la mejora en las observaciones astronómicas de objetos extremadamente distantes. Estos avances hicieron posible pasar de la especulación a la búsqueda científica de los orígenes del Universo y permitió a los científicos establecer la Teoría del Big Bang que se ha convertido en el modelo estándar mayoritariamente aceptado por los cosmólogos debido a el amplio rango de fenómenos que abarca y a las evidencias observacionales que lo apoyan, aunque todavía existe una minoría de investigadores que presenten otros puntos de vista basados en alguno de los modelos cosmológicos alternativos. La cosmología física trata de entender las grandes estructuras del Universo en el presente (galaxias, agrupaciones galácticas y supercúmulos), utilizar los objetos más distantes y energéticos (cuásares, supernovas y GRBs) para entender la evolución del Universo y estudiar los fenómenos ocurridos en el universo primigenio cerca de la singularidad inicial (inflación cósmica, nucleosíntesis primordial y Radiación de fondo de microondas). http://es.wikipedia.org/wiki/Cosmolog%C3%ADa_f%C3%ADsica [29-11-12]

riemanniana, como el propuesto por Einstein para estudiar el campo gravitacional, con la intención última de comprender los principios que gobiernan el Universo y nuestro lugar en él.

11 BIBLIOGRAFÍA

ARTE

- Abbott, Bernice. *Aperture Masters of Photography*. Aperture Foundation. Editorial Könemann. Cologne. Germany. 1997
- Ades, Dawn. *Fotomontaje*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona. 2002
- Alarcó, Paloma. *Monet y la abstracción*. Museo Thyssen- Bornemisza. Madrid. 2010
- Alberch, Pere *La documentación de la irrealidad*. catálogo de la exposición *Fauna Secreta* de Pere Formiguera y Joan Fontcuberta. Museo Nacional de Ciencias Naturales. Fundació Caixa de Catalunya. CSIC. Madrid. 1989
- Baqué, Dominique. *La fotografía plástica*. Traducción Cristina Zelich. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona. 2003
- Barthes, Roland. *El Susurro del lenguaje. Más allá de la palabra y la escritura*. Editorial Paidós. Barcelona 2002
- Baudrillard, Jean. *Cultura y Simulacro*. Editorial Kairós. Barcelona 1978
- Becher, Bernd & Hilla, *Industrial facades*, Cambridge and London, MIT Press, 1995.
- Benjamin, Walter, *Discursos interrumpidos I*, Taurus Ediciones, S.A., Madrid, 1973.
- Bernd & Hilla Becher. *Conversación con fotógrafos*. Edición La Fábrica y Fundación Telefónica. Madrid 2005
- Bocola, Sandro. *El arte de la modernidad*. Ediciones del Serbal. Barcelona. 1999
- Borja- Villed, Manuel. *El autor está ausente. De la revuelta a la posmodernidad (1962-1982)*. MNCARS. Madrid 2011
- Bozal, Valeriano *Apollinaire y el cubismo*. En *Los pintores cubistas*. Guillaume Apollinaire. La balsa de la medusa. Ediciones Visor. Madrid 1994
- Bozal, Valeriano. Immanuel Kant. *Historia de las ideas estéticas y de las teorías artísticas contemporáneas*. Vol I La Balsa de la Medusa. Madrid 1996
- Brea, Jose Luis. *Las tres eras de la imagen. Imagen—materia, film y e-imagen*. Editorial Akal/ Estudios Visuales. Madrid 2010
- Calvo Serraller, Francisco. *La mirada perdida. Thomas Ruff ma.r.s.* Catálogo exposición CAC Málaga. 2011

- Canogar, Daniel en *Nuevas Visiones/ Nuevas Pasiones. Seis artistas de la colección Helga de Alvear en Villa Iris*. Fundación Marcelo Botín
- Castelo, Luis. *Byblos Physikoy*. DS Galery. Barcelona. 2004
- Castelo, Luis. *Del Ruido al Arte: Una interpretación de los usos no normativos del lenguaje fotográfico*. Ed. Tursen / H. Blume. Madrid 2006.
- Chevrier, Jean Francois. *El cuadro y los modelos de la experiencia fotográfica en Indiferencia y singularidad. La fotografía en el pensamiento artístico contemporáneo*. Gloria Picazo y Jorge Ribalta editores. Museo de Arte contemporáneo de Barcelona. 1997
- Chevrier, Jean François. *La fotografía entre las bellas artes y los medios de comunicación*. Editorial Gustavo Gilli. Barcelona. 2007
- Chipp, Herschel B. *Teorías del arte contemporáneo*. Ediciones Akal. Madrid.1995
- Chomsky, Noam. *El control de los medios de comunicación. Como nos venden la moto*. Icaria. Barcelona 1995
- Cirlot, Lourdes. *Últimas tendencias. Historia universal del arte*. Editorial Planeta
- Crimp, Douglas. *La actividad fotográfica de la posmodernidad*. En *Efecto real. Debates posmodernos sobre fotografía*. Jorge Ribalta (ed.). Editorial Gustavo Gilli. Barcelona 2004
- Cuevas Martín, José. *Fotografía y conocimiento. La fotografía y ciencia. Desde los orígenes hasta 1927*. Editorial Complutense. Publicación electrónica. Madrid. 2007 www.editorialcomplutense.com.
- Dabrowski, Magdalena. *Composiciones. La creación de un nuevo reino espiritual*. En *Kandinsky. La disolución de la forma 1900-1920*. Fundació Caixa Catalunya Barcelona 2003.
- Descharnes, Robert y Néret, Gilles Salvador. *Dalí*. Editorial Taschen Köln. 1997
- Eskildsen, Ute. *Técnica. Imagen. Función. Indagaciones y reflexiones sobre los modelos de representación fotográficos en la obra de Thomas Ruff*. En Winzen, Matthias. *Thomas Ruff Fotografías desde 1979 hasta hoy*. Verlag der Buhhandlung Walther König. Colonia 2002
- Esparza, Ramón. *En medio de todo, formando parte de ello*. En *Bifurcaciones Darío Urzay*. Fundación ICO. Madrid. 2009

- Foncuberta, Joan, *Estética fotográfica. Selección de textos*, Editorial Blume, Barcelona, 1984.
- Foncuberta, Joan. *Fotografía: Conceptos y procedimientos una propuesta metodológica*. Gustavo Gili, Barcelona ,1990.
- Fontcuberta, Joan .*Contranatura*. Catálogo exposición MUA. Museo Universidad de Alicante. Alicante 2001
- Fontcuberta, Joan. *Ciencia y fricción. Fotografía, naturaleza, artificio*. Colección “Palabras de arte”. Mestizo. Murcia 1998
- Fontcuberta, Joan. *El Beso de Judas. Fotografía y verdad*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona. 1997
- Fontcuberta, Joan. Formiguera, Pere. *Fauna*. Photovision. Sevilla 1999. Reedición del catálogo de la exposición realizada por Fontcuberta y Formiguera en el año 1987
- Fontcuberta, Joan. *La cámara de Pandora*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona. 2010
- Fontcuberta, Joan. *La fotografía en España de los orígenes al siglo XXI*. Summa Artis. Historia General del Arte. Volumen XLVII Editorial Espasa Calpe. Madrid 2001
- Foster, Hal, R. Krauss, Y. Boris, B. Buchloh en *Arte desde 1900* Editorial Akal. Madrid. 2006
- Foster, Hal. *Introducción al postmodernismo. La Posmodernidad* Editorial Kairós S.A. Barcelona. 1998
- Foucault, Michel. *Esto no es una pipa. Ensayo sobre Magritte*. Editorial Anagrama. Barcelona. 1995
- Franco, Antonio. *Frecuencias en el MEIAC*. Edición Museo Extremeño e Iberoamericano de Arte Contemporáneo. Arts Santa Monica. Barcelona.2009
- Frank, Dan. *Bohemios*. Ollero & Ramos Editores S.L. Madrid 1999
- Frizot, Michel. *A New History of Photograph*, Könemann, Köln, 1998.
- Galassi, Peter. *El mundo de Gursky*. Catálogo de la exposición *Andreas Gursky The Museum of Modern Art* March 4-May 15, 2001 New York. MNCARS. Palacio de Velázquez 12 julio-23 septiembre. Traducción María Luisa Balseiro, Madrid. 2001
- Golding, John. *Caminos a lo absoluto*. Editorial Turnen. Madrid. 2003
- Gombrich, E. H. *Norma y forma*. Alianza Universidad. Madrid.
- Gómez Isla, José. *Fotografía de creación* Editorial Nerea. San Sebastian. 2005

- Goriacheva, Tatiana. *Suprematismo y constructivismo: paralelismos y entrecruzamientos. Vanguardias Rusas*. Museo Thyssen Bornemisza, Fundación Caja Madrid. Madrid 2006
- Gray, Michael. *El camino hacia la fotografía*. Catálogo exposición. *Huellas de luz El arte y los experimentos de W. H. F. Talbot* M.N.C.A.R.S. Madrid .2001
- Grigoriadou, Eirini. *El archivo y las tipologías fotográficas. De la Nueva Objetividad a las nuevas generaciones de fotógrafos en Alemania: 1920-2009*. Tesis realizada por y dirigida por Anna María Guash .Universitat de Barcelona. 2010
- Gronert, Stefan. *Fotografía alternativa: el arte conceptual y la emancipación artística de la fotografía en Europa*. En *The last picture Show: Artistas que usan la fotografía*. MARCO de Vigo. Septiembre 2004
- Guasch, Anna María. *El arte del siglo XX en sus exposiciones, 1945 – 2007*. Ediciones del Serbal. Barcelona 2009
- Guasch, Anna María. *El arte último del siglo XX del posminimalismo a lo multicultural*. Alianza Editorial. Madrid 2000
- Guash, Anna María. *Arte y Archivo 1920- 2010*. Genealogías, tipologías y discontinuidades. Editorial Akal. Madrid 2011
- Gubern, Román. *Historia del cine*. Editorial Lumen. Barcelona 1989
- Hans Belting, *Bilb- Anthropologie: Entwürte für eine Bildwissenschaft*, Múnich 2001.
- Horacio Fernández. Documental. En *El mundo descrito. Imagen, ciencia y documento*. Fundación ICO Madrid 2008
- Jeffrey, Ian. *La fotografía*. Ediciones Destino. 1999
- Kandinsky, W. *Punto y línea sobre plano*. Ediciones Paidós Ibérica. Barcelona 1996
- Kant, Immanuel .*Lo bello y lo sublime*. Biblioteca virtual universal. 2003
- Kinder, Hermann. *Atlas histórico mundial II* Ediciones Istmo. Colección Fundamentos. Madrid. 1994
- Kleist, H. *Fragmentos para una teoría romántica del arte*. Antología y edición Javier Arnaldo. Tecnos. Madrid. 1994
- Krauss, R., “*La escultura en el campo expandido*” *La originalidad de la vanguardia y otros mitos modernos*, Alianza. Madrid. 1996.
- Laguillo, Manolo, El Gran Formato. *La cámara descentrable y la gestión del espacio* GrisArt. Barcelona. 1999
- Lindsay, K. y Vergo P. (editores). *W. Kandinsky: Complete Writings On Art*. G.K. Hall. New York. 1982
- Lippard, Lucy R. *Seis años: La desmaterialización del objeto artístico de 1966 a 1972*. Editorial Akal. Madrid. 2004

- Llorca, Pablo. *El mundo descrito. Imagen, ciencia y documento*. Fundación ICO. Madrid .2008
- Llorca, Pablo. *Mensurable*. Catálogo exposición CEDAN. Huesca. 2010
- Maderuelo, Javier. *Huesca: Arte y Naturaleza. Actas del I curso*. Septiembre 1995. Ediciones La Val dr Onsera. Huesca 1995
- Malévich, Kasimir *El mundo no objetivo*. Editorial Doble J. Sevilla 2006
- Malévich, Kazimir. *Malévich* Cataláogo exposición Fundació Caixa Catalunya. Marzo 2006
- Malévich, Kazimir. *Escritos*. Ediciones Síntesis. Madrid. 2007
- Martínez Gázquez, José. Florio, Ruben cordinadores. *Antología del latín cristiano y medieval: introducción y textos*. EdiNUS. Universidad Nacional del Sur. 2006
- Martinez Pino, Joaquin *Últimas tendencias del arte*. Editorial universitaria Ramón Areces. UNED Madrid. 2009
- McCarthy, Cormac *The Road (La carretera)*. Random House Mondadori. S.A. Barcelona. 2007
- Menéndez Mosquera, Carlos. *La Nueva Visión. Principios Básicos del Bauhaus*. Lászlo Moholy-Nagy Ediciones Infinito. Buenos Aires. Argentina. 2008
- Mink, Janis. *Marcel Duchamp. El arte contra el arte*. Editorial Taschen. Colonia. 1996
- Misrach, Richard, *Cantos del Desierto*. Catálogo exposición Canal de Isabel II. Madrid. Diputación de Granada. Granada. 1999.
- Moholy –Nagy László. *Pintura, fotografía, cine*. Editorial Gustavo Gilí. Barcelona. 2005
- Moholy-Nagy, Lászlo. *La Nueva Visión. Principios Básicos del Bauhaus*. Ediciones Infinito. Buenos Aires Argentina. 2008
- Moszynska, Anna. *El arte abstracto*. Ediciones Destino. Thames and Hudson. Barcelona. 1996
- Newhall, Beaumont *Historia de la fotografía*. Editorial Gustavo Gilli. Barcelona 2002
- Ocampo, Estela; Peran, Martí, *Teorías del arte*. Icaria. Barcelona, 1998
- Pierre, Arnould. *Sensorialidad excéntrica. La utopía polisensorial del arte óptico–cinético*. En Catalogo exposición *La utopía cinética 1955- 1975*. Fundació Sa Nostra, Caixa de Balears. Caja San Fernando Obra social. Mallorca/ Sevilla. 2006
- Piqueras Marín, María Dolores. *Instalaciones Interactivas de Configuración Fílmica (IICF). Marco conceptual y ensayo experimental*. UPV. Valencia 2007

- Pochat, Götz. *Historia de la estética y la teoría del arte*. Akal /arte y estética. Madrid. 2008
- Pseudo Longino *Sobre lo Sublime*, Gredos, Madrid, 1979
- Ramírez, Juan Antonio en *Marcel Duchamp*. Summa Pictorica. Vol X. *De las Vanguardias a la Postmodernidad*. Editorial Planeta. Madrid 2002
- Raquejo, Tania. *Land Art*. Editorial Nerea. Madrid 1998
- Raynal, Maurice. *Cubism Edward Fry editor*, Thames & Hudson , Londres 1966
- Requejo, Tonia Addison *Los Placeres de la Imaginación y otros ensayos*, «The Spectator»,Madrid, Visor 1991
- Rosenblum, Robert. *The Abstract Sublime*. ART news 59, nº 10 Febrero 1961 págs 38-41,56 y 58. Publicado en catálogo exposición. *La abstracción del paisaje. Del romanticismo nórdico al expresionismo abstracto*. Fundación Juan March. Madrid 2007
- San Martín, F. Javier. *Últimas tendencias: las artes plásticas desde 1945. El mundo contemporáneo*. Dirigida por Juan Antonio Ramírez. Alianza Editorial. Madrid. 1997
- Scharf, Aaron. *Arte y Fotografía*. Alianza Forma. Madrid 1994
- Smithson, Robert. “Frederick Law Olmsted y el paisaje dialéctico” en *El paisaje entrópico. Una retrospectiva 1960-1973*. IVAM. Valencia. 1993.
- Sougez, Marie-Loup. *Historia de la fotografía* Ediciones Cátedra. Madrid. 1994
- Stangos, Nikos. *Conceptos de arte moderno*. Alianza Forma. Madrid. 1996
- Sugimoto, Hiroshi. *Conceptual Forms*. Fondation Cartier pour l’art Contemporain. Thames & Hudson. London. 2004
- Sugimoto, Hiroshi. En *Sugimoto*. Fundación “la Caixa”. Madrid 1998
- Valery, Paul. *La conquista de la ubicuidad*. Citado por Walter Benjamin. *La obra de arte en la época de su reproductibilidad técnica*. En *Sobre la fotografía* Editorial Pre-textos. Valencia 2004
- Viganó, Enrica. *Dilemas*. Catálogo exposición *Madre Tierra* PHE 06. La Fabrica Editorial. Madrid. 2006
- VV.AA *Á Rebours. La rebelión informalista (1939- 1968)*. M.N.C.A. Reina Sofía.Madrid 1999

- VV.AA *Deep Storage: Collecting, Storing, and Archiving in Art* / Edited by Ingrid Schaffner and Matthias Winzen. Munich ; New York : Prestel, 1998
- VV.AA *El arte del siglo XX 1900-1949*. Editorial Salvat Barcelona 1990
- VV.AA *Historia del Arte. El mundo contemporáneo*. Dirigida por Juan Antonio Ramírez. Alianza Editorial. Madrid. 1997
- VV.AA *Paseo por los terrenos del arte y la ciencia actuales. Banquete. Nodos y Redes*. Edición SEACEX y Turner, Madrid 2009
- VV.AA, *El Paisaje. Arte y Naturaleza*. Actas del II curso El Paisaje, Javier Maderuelo, (dir.), Diputacion de Huesca, Huesca ,1996.
- VV.AA. *Cosmos. Del romanticismo a la vanguardia 1801-2001*. Centro de cultura contemporánea de Barcelona. Barcelona. 1999
- VV.AA. *Del estilo internacional a la aldea global: La transformación postmoderna de la pintura. Summa Pictorica X*. Editorial Planeta Madrid 2002
- VV.AA. *Der Fotograf Otto Steinert*, Ute Eskildsen (coord.), cat. de exp. Essen: Museum Folkwang y Göttingen. Steidel,1999
- VV.AA. *El Arte abstracto. Los dominios de lo invisible*. Fundación Cultural Mapfre Vida. Madrid. 2005
- VV.AA. *El arte del siglo XX 1900-1949..* Editorial Salvat Barcelona 1990
- VV.AA. *Fotografía alternativa: el arte conceptual y la emancipación artística de la fotografía en Europa. The last picture Show: Artistas que usan la fotografía*. MARCO de Vigo. Septiembre 2004.
- VV.AA. *Huellas de luz. El arte de los experimentos de W. H. F. Talbot* –Catalogo exposición. *Huellas de luz*. M.N.C.A.R.S. Madrid .2001
- VV.AA. *La fotografía en pos del conocimiento*. Catálogo exposición *El mundo descrito*. Comisario Pablo Llorca. Fundación ICO Madrid. 2008
- VV.AA., *La fotografia del siglo XX*, Museo Ludwing Colonia, Taschen, Colonia, 1997.
- Zabalbeascoa, Anatxu. Rodríguez Marcos, Javier. *Minimalismos, un signo de los tiempos* MNCA Reina Sofía. Madrid 2001
- Zelich, Cristina. *Conversaciones con fotógrafos*. Joan Fontcuberta habla con Cristina Zelich. La Fábrica y Fundación telefónica. Madrid. 2001

- Zweite, Armin. *La propuesta de Bernd y Hilla Becher sobre una forma de mirar: Diez ideas clave*. En *Tipologías*. Fundación Telefónica. Madrid. 2005

CIENCIA

- Álvarez Santos, Ramiro. *Materiales y componentes electrónicos*. Editesa. Madrid 1979
- Artola, Miguel. Sánchez Ron, José Manuel. *Los Pilares de la ciencia*. Editorial Espasa Calpe. Madrid 2012
- Barrow, John D. *El universo como obra de arte*. Editorial Crítica. Barcelona 2007
- Barrow, John D. *Imágenes del cosmos*. Editorial Paidós Barcelona 2009
- Boole, George: *Investigación sobre las leyes del pensamiento*, Paraninfo, Madrid, 1982
- Capra, Fritjof. *El Tao de la física*. Editorial Sirio. Malaga. España. 2007
- Casas, Alberto *El LHC y la frontera de la física..* CESIC. Los libros de la Catarata. Madrid 2009
- Collini, Stefan. *Las Dos Culturas* C.P. Snow. Ediciones Nueva Visión. Buenos Aires. Argentina. 2000
- Duran, Xavier. *El artista en el laboratorio*. Publicacions de la Universitat de València. 2008
- Eriabu, Lugujo *Tecnología y ciencias aplicadas. Formas tradicionales y modernas. Historia de la humanidad. El siglo XX*. Editorial Planeta. Madrid. 2004
- Feynman, Richard P. *The Character of Physical Law*. Penguin Books. Londres. 1992
- Feynman, Richard. *Seis piezas fáciles*. Editorial Crítica. Barcelona 1998

- Galilei, Galileo. *El mensaje y el mensajero sideral*, Galileo, Keppler. 2ª edición. Alianza Editorial Madrid 1990
- Gribbin, John. *Historia de la ciencia*. Editorial Critica. Barcelona 2003
- Gribbin, John. *Introducción a la ciencia*. Editorial Crítica. Barcelona 2000
- Hanson, Dirk. *Los nuevos alquimistas. Silicon Valley y la revolución microelectrónica*. Editorial Planeta. Madrid. 1984
- Hathaway, Nancy. *El universo para curiosos*. Editorial Crítica. Barcelona. 1997
- Hawking, Stephen, *Historia del tiempo-Del big bang a los agujeros negros*. Alianza Editorial. Madrid. 1990
- Hawking, Stephen. *A hombros de gigantes. Las grandes obras de la física y la astronomía*. Editorial Crítica. Barcelona. 2012
- Hawking, Stephen. *Agujeros negros y Pequeños universos*. Editorial Planeta. Barcelona. 1993
- Huidobro. José M. *Manual de telecomunicaciones* Editorial Ra-Ma. Madrid 2004
- Kragh, Helge. *Generaciones Cuánticas. Una historia de la física del siglo XX.* . Ediciones Akal. Madrid 2007
- Lecourt, Dominique (dir.) *Diccionario Akal de Historia y Filosofía de las ciencias*. Ediciones Akal. Madrid. 2001
- Lederman, Leon y Teresi, Dick. *La partícula divina*. Editorial Crítica. Barcelona 2007
- Lévy Élie. *Diccionario Akal de Física*. Ediciones Akal. Madrid.1992.
- Lozano Leyva, Manuel. *De Arquímedes a Einstein. Los diez experimentos más bellos de la Física*. Editorial DeBolsillo. Barcelona. 2007
- Macfarlane, Robert. *Las montañas de la mente*. Alba Editorial. Barcelona. 2005

- Martínez de Pisón, Eduardo. *El sentimiento de la montaña. Doscientos años de soledad*. Eduardo Martínez de Pisón y Sebastián Álvaro. Ediciones Desnivel. Madrid 2002
- McEvoy P., Oscar Zárate. *Teoría cuántica para principiantes*. Era Naciente. Buenos Aires. Argentina 1998
- Miller, Arthur I. *Einstein y Picasso. El espacio, el tiempo y los estragos de la belleza*. Tusquets editores. Barcelona 2007
- Moncho Morales, José. *La estructura atómica*. Editorial Santillana. Madrid 1998
- Pinilla, Carlos, *Elementos de teledetección*. Editorial RA-MA. Madrid 1995
- Poincaré, l Henri *La ciencia y la hipótesis*. Espasa Calpe. Madrid. 2002
- Raymond. A. Serway; Jerry S. Fugh; Clement J. Moses. *Fundamentos de Física. Volumen 2*. Editorial Thomson. 1996
- Sagan, Carl. *Cosmos*. Editorial Planeta. Barcelona. 2004
- Sedra, Adel y Smith, Kenneth. *Circuitos microelectrónicos*. Editorial McGraw-Hill Interamericana. Quinta Edición. México 1998
- Serra Mestres, Francesc y Ripoll Aracil, Ana. *Microelectrónica y ordenadores. 10 impactos de la ciencia del siglo XX*. Eumo Editorial Universidad de Vic. 2000. Traducción al castellano Fondo de Cultura Económica de España. Madrid 2002
- Snow, C.P. *Las Dos Culturas* Ediciones Nueva Visión. Buenos Aires. República Argentina.1988
- Sparrow, Giles. *Cosmos*. RBA Libros S.A. Barcelona 2007.
- Tipler, Paul A., Mosca, Gene. *Física para la ciencia y la tecnología, volumen 2*. Editorial Reverté. Barcelona 2003
- Villard, Ray. *El color natural del universo. El cosmos*. Editorial Paidós. Barcelona. 2005

- VV. AA *La revolución de las infotecnologías. 10 impactos de la ciencia del siglo XX* Joaquín Pla i Brunet (compilador). Fondo de Cultura Económica. Madrid 2003
- VV. AA. *El legado filosófico y científico del siglo XX. Mecánica cuántica..* Ediciones Cátedra .Grupo Anaya Madrid 2007.
- VV.AA *Historia de la ciencia .Antigüedad y edad media..* Editorial Austral. Espasa Calpe. Madrid 2008
- VV.AA *Comprender la información, bit a bit. Las ecuaciones de Shannon.* En *Formulas elegantes.* Graham Farmelo (editor). Tusquets editores. Metatemas. Barcelona. 2004
- VV.AA *La ciencia moderna y el conocimiento. Historia de la humanidad. El siglo XX.* Editorial Planeta. Madrid. 2004
- VV.AA *Erótica, estética y la ecuación de onda de Schrödinger.* En *Formulas elegantes.* Graham Farmelo (editor). Tusquets editores. Metatemas. Barcelona. 2004
- VV.AA. *Arte y ciencia: mundos convergentes.* Plaza y Valdés Editores. Madrid 2010
- VV.AA. *Ciencias de la tierra y medioambientales.* Diodora Calvo, María Teresa Molina y Joaquín Salvachúa. McGraw Hill. Madrid. 2007
- VV.AA. *Einstein. Vida, pensamiento y obra.* Colección Grandes pensadores. Editorial Planeta Agostini, Madrid. 2008
- VV.AA. *Historia de la ciencia.* Colección Austral. Espasa Calpe. Madrid. 2003.
- VV.AA. *Mecánica cuántica, en El legado filosófico y científico del siglo XX,* Editorial Cátedra. Madrid.2005.
- VV.AA. *Sobre una nube de electrones. Cara a cara con la vida, la mente y el Universo. Conversaciones con los grandes científicos de nuestro tiempo.* Ediciones Destino Barcelona 2007

- Watson, Peter *Historia intelectual del siglo XX*. Editorial Crítica. Barcelona. 2000
- Wilder, Kelley. *Photography and Science*. Reaktion Books Ltd. London. 2009.
- Ynduráin, Francisco J. *Electrones, neutrinos y quarks. La física de partículas del siglo XX*. Drakontos. Editorial Crítica. Barcelona 2006

REVISTAS

- Alex Vicente. “Breve historia de la línea” en diario El País. Edición 4 de febrero 2013. <http://www.centrepompidou-metz.fr/une-breve-histoire-des-lignes> [04-02-2013]. Madrid.2013
- André, Carl, “A Note on Bernhard and Hilla Becher”, *Artforum*, XI, 4, Diciembre. 1977.
- Bergia, Silvio. “Luz y Átomos”. En Investigación y ciencia. Temas 40. *Einstein*. Madrid. 2005
- Bosman, Martine; Rodrigo, Teresa. “La búsqueda del bosón de Higgs”. Investigación y Ciencia. Nº 432. Septiembre. Madrid. 2012.
- Brea, José Luis. “Un arte sin materia, sin espacio y sin tiempo”. En el diario El País. Babelia 21-10-2006. Madrid. 2006
- Brea, Jose Luis.” *Las tres eras de la imagen: la imagen electrónica*”. Exit Express. Nº 31. Noviembre. Madrid.2007
- Bruno LeMieux- Ruibal. “Huno y espejos”. Revista Lapiz nº 245. Julio. Madrid. 2008
- Bueno, Antonio. “Del mapa al paisaje aéreo. La mirada cartográfica.” Revista Lápis nº 222. Madrid. 2011
- Campany, David. “Historia del arte conceptual o un lugar para Homes for America”. En Papel Alpha nº 7 Reaktion Books 1999. Ediciones Universidad de Salamanca. Salamanca. 2009
- Carl André “A Note on Bernhard and Hilla Becher” ,*Artforum*, XI,4 (Diciembre 1977). Estados Unidos 1977
- Cereceda, Miguel. “Fotografía del mundo”. ABCD Cultural. Diario ABC 15- 03-2008. Madrid. 2008
- Creixell, Anna Adell. “Engaños visuales, verdades simuladas”. En revista Lápis 249. Madrid. 2009

- Del Rio, Víctor. “*El espacio ideológico del arte y la ciencia*”. Revista Lápiz., n.º 193. Madrid. 2003
- Dieter Lüst. “*¿Es la teoría de cuerdas una ciencia?*”. Investigación y ciencia. Septiembre 2010. Madrid. 2010
- Fontcuberta, Joan “*Por un manifiesto posfotografico*”. Suplemento cultural de La Vanguardia. Miércoles 11-05- 2011. Barcelona. 2011
- Forster, Kurt. “*Andreas Gursky: Coreografías sociales*”. Revista AV nº 91. Monografías. *Pragmatismo y Paisaje*. Madrid. 2001.
- Fuss, Adam. Entrevista realizada por Mercedes Vicente en “*¿Qué es abstracto?*”. Exit 14. *Abstracción*. Madrid. 2004
- Gómez Isla, José. “*Lecturas Híbridas*”. Universo Fotográfico nº1. <http://www.ucm.es/info/univfoto/> [30-01-2010]
- Gottwald, Manfred “*La selenografía en los siglos XIX y XX*”. Investigación y ciencia. Septiembre. Madrid. 2010
- Graham P. Collins. “*El gran Colisionador de Hadrones*”. Investigación y Ciencia. Abril 2008. Madrid. 2008
- Jenkins, Alejandro; Perez, Gilad. “*Buscando vida en el multiverso*”. Investigación y Ciencia. Temas: *Universo Cuántico*, nº 63. Madrid. 2011
- Liebermann, Valeria. “*Las imágenes de Thomas Ruff*”. Arte y Parte nº 95. Octubre –noviembre. Madrid. 2010
- More, Kevin. Alex. S. MacLean. “*La medida del paisaje*”. A.V. Arquitectura Viva nº 91 Monografías. *Pragmatismo y paisaje*. Septiembre–octubre. Madrid. 2001
- Muñoz Molina, Antonio. “*Vija Celmins, La pizarra del cielo*”. Diario El País 15-05-2010. Madrid. 2010
- Navarro Veguilla, Luis. “*Einstein y los comienzos de la física cuántica: de la osadía al desencanto*”. Investigación y Ciencia, Noviembre. Madrid. 2004
- Olivares, Rosa. “*El enigma de la abstracción*”. EXIT 14. *Abstracción*. Madrid. 2004
- Olivares, Rosa. “*Miedo a la oscuridad*”. Revista Lápiz nº 84 Febrero
- Pujol Gebelli, Xavier “*David Malin, El fotógrafo de las estrellas*”. Revista El País Semanal. Madrid 2004
- Quigg, Chris “*Revolución en la física de partículas*” Investigación y Ciencia. Abril 2008. Madrid. 2008
- Quigg, Chris. “*Revolución en la física de partículas*”. Investigación y ciencia. Nº 379. Abril 2008
- Sampedro, Javier “*Neander Park*”. Noticia aparecida en el diario El País el día 23 de enero de 2013. Madrid. 2013

- San Martín, Francisco Javier. “*La máquina y su sombra*”. EXIT nº 31 *Máquinas*. Madrid. 2008
- Schopenhauer, A. 1988 “*Reisetagebücher*”. ed. Ludger Lütkehaus, Zurich, Haffmans Verlag. (Basada en la primera de los diarios de viaje: “*Reisetagebücher aus den Jahren, 1803-180*”4. Leipzig, F.A.Brockhus, 1923). Selección en Revista de Occidente nº 193 Junio *Viajes: del vagabundo al post-turista*. Madrid.1997
- Sedeño Valdellos, Ana María. “*Nuevas pantallas. El fenómeno de los videos jockeys.*” En Lápis 247. Madrid. 2011
- *The Photographic Activity of Posmdernism* publicado en October, 15, Invierno 1980
- Turner, Michael S. “*El origen del Universo*”. Investigación y Ciencia, Temas 63. *Universo Cuántico*. Madrid. 2011

MUSICA Y PELICULAS

- Crimson, King *Heavy ConstruKction* Album en directo 3cd´s. Robert Fripp, Adrian Belew, Trey Gunn, Pat Mastelotto, Bill Bruford y Tony Levin. Discográfica Discipline Global Mobile. Gran Bretaña 2000.
- Floyd, Pink. *Atom Heart Mother*. Waters, Mason, Gilmour, Wright. Discográfica Harvest, Capitol. Gran Bretaña 1970.
- Floyd, Pink. *Echoes*. Composición: Roger Waters, Richard Wright, Nick Mason, David Gilmour. *Meddle*. Estudios AIR, Abbey Road, y Morgan, London. Discográfica Harvest, EMI. Gran Bretaña 1971
- Floyd, Pink. *Set the Controls for the Heart of the Sun*. Roger Waters.. *A Saucerful of Secrets*. Discográfica. Columbia .Capitol .Gran Bretaña 1968
- Floyd, Pink. *Shine on You Crazy Diamond*. Gilmour, Waters, Wright. *Wish You Were Here*. Estudios Abbey Road. Discografica Harvest / EMI Gran Bretaña 1975
- Glass, Philip *Metamorphosis One. Solo Piano*. Sony Music Estados Unidos. 1989.
- Palahniuk, Chuck. *El club de la lucha*. El Aleph editores. Barcelona 1999. Citado en la Película Fight Club El club de la lucha U.S.A. 1999 Director David Fincher
- The Cure. *Disintegration*. Discográficas: Fiction Reino Unido, Elektra Estados Unidos. 1989.

- Vangelis. *West Across The Ocean Sea*. CD. 1492 - *Conquest Of Paradise*. Warner Music. UK. 1992
- Yes. *Tales from Topographic Oceans*. Discográfica Atlantic Records. Reino Unido. 1973.

PAGINAS WEB

- <http://www.centrepompidou-metz.fr/une-breve-histoire-des-lignes> [4-2-2013]
- http://salonkritik.net/archivo/2006/05/axel_huette_soy.php [15-12-12]
- <http://www.muyinteresante.es/jean-baudrillard>
- http://macba.cat/PDFs/guia_arxiu_cas.pdf. pp 27-28
- <http://www.gagosian.com/exhibitions/andreas-gursky--november-04-2011> [19-01-2012]
- <http://www.ucm.es/info/univfoto/> [30-01-2010]
- [http://www.Newton.cenice.mec.es/Proyecto Newton MEC José Villasuso](http://www.Newton.cenice.mec.es/Proyecto%20Newton%20MEC%20Jos%C3%A9%20Villasuso) [23-10-2008]
- <http://blogs.elpais.com/arte-en-la-edad-silicio/> [04-03-2013]
- <http://cdsweb.cern.ch/collection/Photos> [07-02-2007]
- <http://ciberestetica.blogspot.com/2011/12/la-teoria-posestructuralista-de-peter.html> [09-10-11]
- <http://ciberestetica.blogspot.com/2011/12/la-teoria-posestructuralista-de-peter.html> [09-10-11]
- <http://davidmaisel.com/works/msh.asp> [16-10-11]
- http://es.wikipedia.org/wiki/Cosmolog%C3%ADa_f%C3%ADsica
- http://es.wikipedia.org/wiki/Cosmolog%C3%ADa_f%C3%ADsica [29-11-12]
- <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k1231630/f7.image> [15-02-2013]
- http://hammer.ucla.edu/programs/detail/program_id/21 [23-04-12]

- <http://radio.museoreinasofia.es/entre-la-fotografia-y-el-documento> [15-01-2013]
- <http://revistareplicante.com/artes/arte/sobre-el-legado-de-clement-greenberg/> [24-07-09]
- http://sociedad.elpais.com/sociedad/2013/03/05/actualidad/1362512821_571677.html [05-03-13]
- <http://www.alexmaclean.com/> [18-10-11]
- <http://www.artinfo.com/news/story/30856/lightning-fields/> [17-06-2012]
- <http://www.biblioteca.org.ar/libros/89507.pdf> [14-02-2009]
- <http://www.blancaberlingaleria.com/artistas-colaboradores/series.php?id=107> [23-12-12]
- http://www.ces.gva.es/pdf/trabajos/articulos/Revista_56/art2.pdf
- <http://www.charleslindsay.com/> [23-02-12]
- <http://www.danielcanogar.com/> [15-12-12]
- <http://www.edwardburtynsky.com/> [20-10-11]
- <http://www.elcultural.es/noticias/BUENOS DIAS/4416/Joan Fontcuberta> [21-02-2013]
- <http://www.elperiodicoextremadura.com/noticias/extremadura/marta-de-menezes-el-arte-puede-ser-lo-que-tu-quieras-331885.html> [25-09-2012]
- [http://www.eugeniabalcels.com/intinerancia/Eugenia%20Balcels%20Intinerancia_ESP_\(4.5Mb\).pdf](http://www.eugeniabalcels.com/intinerancia/Eugenia%20Balcels%20Intinerancia_ESP_(4.5Mb).pdf)
- <http://www.fontcuberta.com/> [10-12-2012]
- <http://www.gagosian.com/exhibitions/andreas-gursky--november-04-2011> [01-02-12]
- <http://www.htwins.net/scale2/lang.html> [19-10-2012]
- <http://www.lavanguardia.com/cultura/20110511/54152218372/por-un-manifiesto-posfotografico.html> [23-02-2013]
- <http://www.linarejos.com/> [23-12-12]
- <http://www.marinanunez.net/> [22-12-2012]
- http://www.nasa.gov/mission_pages/msl/index.html [15-04-2012]

- <http://www.pacegallery.com/london/exhibitions/11142/rothko-sugimoto-dark-paintings-and-seascapes> [22-12-2012]
- <http://www.pinkfloyd.com/> [04-03-2013]
- <http://www.qsl.net/ea1crk/medio/Cap4.htm>
- <http://www.universoeugeniabalcels.com/>
- <http://www.youtube.com/watch?v=NBmpZwYZlrs> [23-11-12]
- <http://www.youtube.com/watch?v=SWRHxh6XepM> [18-10-11]
- https://s3.amazonaws.com/Gigapans/EBC_Pumori_050112_8bit_FLAT/EBC_Pumori_050112_8bit_FLAT.html [20-02-2013]
- <http://antoniobueno.es/index2.html> [26-12-12]
- <http://www.luiscastelo.com/> [26-12-12]
- <http://www.javiervallhonrat.com/> [23-04-2012]

AGRADECIMIENTOS

Para finalizar quisiera agradecer la ayuda y el apoyo ofrecido por diversas personas que de forma desinteresada han estado ahí en todo momento.

En primer lugar, gracias a Luis Castelo por confiar en mi propuesta y aceptar dirigir este trabajo, por su disponibilidad y su paciencia a lo largo del proceso de elaboración de esta tesis haciendo posible su desarrollo y conclusión. Gracias por tus consejos, tus correcciones y tu amistad.

Gracias a Enrique Corrales, que sin conocerme y de manera desinteresada supervisó la teisis en un momento clave para su continuación, motivándome y aconsejándome con una actitud sincera y efectiva proporcionándome el impulso necesario para su conclusión.

Gracias a Sonia y a Chusi por sus revisiones y correcciones. A mi compañero de aikido Agustín, por sus consejos en lo referente a la metodología y defensa de la tesis. A Julian por su interés, apoyo y buen criterio, a Miguel y a Celia por sus consejos acerca del diseño, a Oscar por su interés, a Miguel con el que me entiendo muy bien hablando en algebra, a mi compañero fotógrafo Juan, a Domingo por sus indicaciones, a Luis Rico que me advirtió de lo polémico que resulta hablar de dos universos diferentes (ciencias-humanidades), a Angel Escolar con el que comparto montaña y sesudos debates, a Javier Gonzalez compañero de aikido, montaña, exposiciones,..., a Jose (Uzé) con el que también me entiendo muy bien hablando en algebra y ha soportado pacientemente mis divagaciones a lo largo de los años, a Jose (Chim), a mi antigua alumna del taller de fotografía y colaboradora en la ESA Rocio Fernández, gracias por abrirme las puertas de la Agencia Espacial Europea, a mi amigo Antonio que hace varios años me revelo los secretos del maravilloso mundo de la astronomía y de la obra de Gustav Mahler, a Javier y a Mario, apasionados arquitectos que siempre me han animado, a Javier Vallhonrat por su interés y entusiasmo. Finalmente, y sobre todo, a mis padres por su ayuda y paciencia a lo largo de los años y a Susana y Pablo, por su motivación y entusiasmo en los momentos más difíciles. Muchas Gracias.



La tesis doctoral *La fotografía científica y su reinterpretación en una aproximación al mundo del arte* finalizó en octubre de 2013. La ópera futurista *Victoria sobre el Sol* se estrenó en San Petersburgo el 3 de diciembre de 1913. Malevich diseñó el vestuario y la escenografía utilizando unas figuras geométricas consideradas como la fase experimental del suprematismo. El cuadrado negro apareció por primera vez como telon de fondo del escenario.

THESIS TITLE

SCIENTIFIC PHOTOGRAPHY RE-INTERPRETED AS ART

INTRODUCTION

DESCRIPTION OF RESEARCH METHODS

AIMS OF THE THESIS

The present study is structured around a framework highlighting certain aspects of the prolific relationship that currently bridges the gap between science and art, a bonding arising in large measure from the new information and communications technologies (ICT). Although a common ground between the arts and the sciences was generally taken for granted during the Renaissance, the passage of time eroded that state of affairs until their definitive severance was decreed in a 1959 lecture on *The Two Cultures and the Scientific Revolution* by British physicist Charles Percy Snow (1905-1980). Yet on the artistic side, a certain degree of interactivity between the two domains has persisted, even granting that from time to time its expression has been timid or inadvertent. Art is invariably a product of its historical period because of its ability to render everything around it permeable. The shapes and languages that evolve from it are directly related to the state of scientific and technological progress that

corresponds to its historical period. The ultimate end of art is identical to the goal pursued in the quest for scientific knowledge, namely, to delve deeper into the physical world and reveal phenomena which have been hidden until now.

At the present moment, however, art and science are usually treated as separate domains, on account of science's supposedly objective character as opposed to the alleged subjectivity of art. This despite the fact that both have embarked on an identical quest for knowledge and understanding, and both require a strongly imaginative and creative component for the generation of ideas and new approaches to problem solving.

In the early years of the 20th century, a paradigm shift occurred, introducing new ways of perceiving reality that impacted both science and art. Relativity and quantum mechanics demolished classical physics with the same devastating thoroughness that Cubism, abstraction, and similar tendencies emerging during the heyday of the avant-garde put paid to classical art. Stability and determinism, which until then had characterized science and classical art, gave way to indeterminacy and ambiguity. Out of this upheaval a vast repertory of never-before-seen shapes and artifices emerged. By the end of the century, with a large assist from information technologies, science and art

were in a state of dynamic convergence that amplified the range of potentialities and resources for the development of new shapes and models in the realm of art as well as for new areas of research and enquiry in the various disciplines of science.

It is in this context that I propose to analyze the evolution of the photographic medium as a paradigm of the union between art and science, as a system for representing form and reality, and method for conveying stored information. Photography, which is defined by a more or less stable process, underwent a striking transformation with the dawn of the digital image. From the material essence of the photographic negative we have moved on to the immateriality of the digital file. By increasing its potentialities and undermining core attributes of verisimilitude and memory that had never been seriously questioned since photography's origins, it has now become possible to create or manipulate images in ways that produce a disjunction between reality and its representation, opening the way for new interpretations of both. In the case of modern scientific imagery, this allows for the re-interpretation of data based entirely on a handful of established paradigms arising from scientific theories and models. Inevitably,

the images conform to those models because the reality which they reproduce likewise conforms to them, and is accessible to the sensory apparatus of human beings.

Such an approach, involving the reinterpretation or construction of a new reality derived from contemporary scientific imagery, is analogous to certain modern artistic practices. They underscore the correlation between art and science and cross over the line of demarcation between the two disciplines when the scientific image is removed from its functional and objective context and inserted in a new re-interpretative and subjective framework originating in the discourse of art.

PROBLEM STATEMENT

Ever since its first appearance in the 19th century, photography has claimed that it offers a true reproduction of reality. Notwithstanding that claim, at the beginning of the 21st century, when digitalized images have become commonplace, the photograph has become a numerical image. This opens up a range of singular and fascinating possibilities for the medium at the same time that it renders its function as an instrument for exploring and interpreting reality even more complex. This present thesis argues, however, that with the arrival of digital imagery,

scientific photography has undergone a fundamental transformation of the process by which it interprets that reality. Rather than conforming to pre-established patterns, it can now get one jump ahead of reality by means of simulations. By the same token, it is capable of constructing new realities that might, as the case may be, remain invisible to our eyes or else adapt to our mechanisms of aesthetic and sensory perception so they can be explored and analyzed in minute detail. David Malin colorizes images of the cosmos, and in CERN they track subatomic particles by analyzing millions of bites of information to create simulations predicting with nearly total certainty an event that is going to occur. Packets of information arrive by the millions from outer space in the form of dematerialized electromagnetic waves, which can be virtually materialized onto a screen or incorporated into immense data files that travel back and forth on the World Wide Web and all that is required is a click of the mouse to materialize them. Telescopes construct the universe by taking hundreds of photographs that combine past and future into a single image. More than just making a record of phenomena, they create concepts. Such a degree of commutation between the photochemical and digital image and the by now absolute predominance of the latter suggest that the artists who work with it are on the brink of a radical change of direction. Just as occurred when the photochemical image was replaced by its digital counterpart -- a process developed originally as a method of

transmitting images from outer space to Earth -- the same thing is occurring with possibilities being explored and implemented the domain of science with imagery obtained for the purpose of observing the workings of nature. Thus do we see how approaches originating in the domain of science that were intended for the observation and study of natural phenomena have shifted to the domain of art thanks to a number of artists who make use of the procedures and postulates that characterize scientific research in their work. Artists are getting more and more accustomed to working with files and processes more commonly employed as research tools in the physical sciences, biology, geology, medicine, etc. At the same time, they incorporate conceptual discourses more likely to be found as part of a scientific undertaking. In this methodology, concept and process are considered equally as important as the final result, thereby encouraging us to reflect upon and analyze the construction of reality.

Just as with the photochemical-based photograph, the digital image represents a scientific breakthrough leading to the fusion of science and art (only this time Art with a capital A), in much the same fashion that it did in the nineteenth century. Sometimes this art will arise directly out of the scientific process and its concepts and lead to an extraordinary insight into the historical moment in which we happen to be living, conforming to the

idiosyncrasies of contemporary society. In this society, the methods for carrying out a given artistic proposal are rapidly being transformed as methodologies previously applied to systems and instruments used in scientific research are applied to art, as are the conceptual practices scientists use to represent a reality that matches certain established patterns of behavior. Based on the technical and conceptual possibilities acquired by the introduction of the digital image, and on the new information and communications media intrinsic to its development, we have witnessed the emergence of *post-photography*, the fundamentals of which were outlined by Joan Fontcuberta in a remarkably lucid essay entitled “For a post-photographic manifesto” postulating a radical shift in attitude on the part of the artist regarding the execution of the work in which:

- The artist assumes different roles: researcher, theorist, art historian, connoisseur, collector or teacher.
- The artist is at liberty to appropriate pre-existing images and pretend to be their creator.
- He may assign a new significance to those pre-existing images, re-contextualizing them in the domain of Art for the purpose of assigning new meanings to them.

- The artist selects the most appropriate images and recycles them to advance his artistic purpose and endow it with a coherent discourse.

Aligning myself with Fontcuberta's scheme, I should like to propose a series of characteristics intrinsic to the creative discourse of this thesis.

1. The scientific photograph as it exists today (as digital image) considered as a means of redefining the way in which we perceive reality.
2. Deconstruction of the fundamental elements of matter by means of an image or series of images obtained through the observation of subatomic particles.
3. The artificial reconstruction of a sub-atomic event produces points and lines on a flat surface – the essential elements of matter and of their graphic representation.
4. Simulation, assemblage, construction as techniques used in science and art to enhance the image's "reality".

5. Dynamism, vertigo and commotion contrast with machine-imposed stasis. Pollock versus Mondrian.
6. Simulations of black holes and the Higgs field appear as the gateway to a multicolored, psychedelic world.
7. “*Wide Angle Vision*” *proves* that all material shapes consist of subatomic particles. To us they appear abstract and complex, endowed with a telluric force not unlike the energy emitted by abstract works of art, and which is here is present in its non-material form.
8. Dematerialization of these images when transmitted through space in the form of an electromagnetic pulse.
9. Scientific archives (housed on the Web) as a depository for images whose significance may vary depending on context.
10. At the present time, the *New Vision* is actually better described as *Wide Angle Vision*, the highest elevation from which the layout of the entire territory can be surveyed.

11. Visualization of celestial bodies as an assemblage of spheres that float in the void radiating balance and harmony.
12. Different types of electromagnetic radiation allow us to “visualize” certain aspects of nature that would otherwise remain concealed to us on account of our sensory limitations.
13. Exploration and discovery as the basic for the intellectual analysis of reality. Everything comes down to exploration and interpretation of the world in which we live, approximations of the reality that surround us.
14. The Sea and the Universe as incentive and inspiration for human beings.
15. The sublime as an aesthetic category in contemporary discourse. The Universe can only reveal its past. Dark matter is a form of matter and dark energy has been associated with a field that extends through all of space. The simple, unchanging universe postulated by the heliocentric theory has been replaced by a crowded and far more complicated model in which microcosmos and macrocosmos are each part of the same continuum. Microcosmic behavior does not obey the laws of nature that we humans are subject to.

16. The cosmic ocean as the contemporary representation of the sublime, as seen in the works of contemporary artists such as Sugimoto, Mark Rothko or Thomas Ruff.

STRUCTURE OF THE THESIS

PART I

- PHOTOGRAPHY IN THE NINETEENTH CENTURY: SCIENCE AND ART
- SCIENCE AND PHOTOGRAPHY: THEIR INFLUENCE ON THE ART OF THE 19th CENTURY

Historical survey of the period following the invention of photography in the nineteenth century, with emphasis on the impact of scientific and technological progress on different artistic genres and tendencies.

- THE INFLUENCE OF SCIENCE ON THE TWENTIETH CENTURY ARTISTIC AVANT-GARDE

Parallelisms between art, science and technological progress, underscoring the transfer of elements from the domain of science to the artistic avant-garde, and the paradigm shifts that upended Science (Theory of Relativity, Quantum Mechanics) as well as Art (Cubism, Supremacism, Constructivism, Abstraction) with special attention given to the impact of science on the artistic innovations that emerged during this period, an influence that continues down to the present day.

- THE INFLUENCE OF SCIENCE ON THE VISUAL ARTS SINCE WORLD WAR II

This section deals with the art that appeared shortly after the Second World War and its initial indifference to or rejection of science's deep exploration of matter and essence, subsequently opening up and letting itself be influenced by scientific and technological advances, as confirmed by later tendencies (Op Art, Minimalist or Conceptual Art) that

served as vehicles for ideas that to this day are becoming ever more daring and transgressive.

PART II

- PRELUDE: WELCOME TO THE MACHINE

Proposal for a new Supremacist Machine generated in the middle years of the 20th century and developed after the start of the following century as the agent that causes the revolution and the shift in technological and social paradigms affecting communications and access to knowledge.

- SCIENTIFIC PHOTOGRAPHY REMOVED FROM ITS FUNCTIONAL CONTEXT
AS AN APPROACH TO THE ART OF THE TWENTY-FIRST CENTURY

This is the core of the present thesis, in which a new scientific way of seeing is proposed, along with the systems and methods for obtaining and producing images, and the

processes required to transmit or communicate those images are reconsidered as new models of discourse and generation in the contemporary art world, resulting, in the first instance, from the changes in the photographic medium produced by technological innovation, and a growing awareness of those changes among artists and critics. Secondly, the relation between artistic discourse and the scientific method and the consequences of this linkage is examined as part of the larger prospect of contemporary art, in its theoretical as well as practical dimensions. By altering the way in which reality was perceived, the art of the nineteenth century changed along with it. Now, the digital image and other innovative technologies are once again modifying the way in which images are created, of determining what is or is not real. By enhancing our understanding of reality, we have acquired new visions of the real -- some built up from scratch and others in the form of simulations. All of these are evolving within complex theoretical frameworks that experiment has proven to be practical as well as possible.

This part of the outline has been divided into three broad sub-sections, ranging from the infinitely small to the incommensurably large; with an aside to survey the panorama below as it applies to that part which can be perceived within our own scalar limitations.

1. MICROCOSMOS: ELECTRONS; NEUTRINOS, QUARKS: PARTICLES

This section examines strategies for exploring the subatomic world, taking as its point of departure a brief explanation of how particle accelerators function, with particular reference to the LHC and the acquisition of images from subatomic particles linking the process by which these images are obtained (construction, assembly, simulation) to the postulates of contemporary art. In a like manner, attention is called to certain analogies between these images of the basic elements of matter and the essential elements used in the process of graphic representation, namely, points and lines on a flat surface.

2. WIDE-ANGLE VISION, THE SOLAR SYSTEM AND THE EARTH.

The formation of matter out of the basic elements and the mechanisms that permit us to observe our Solar System from within our own scalar limitations and perceive events on a scale ranging from the microscopic to the astronomical. This wide-angle vision allows us to acquire a new vision of reality and of the world, one that is invariably aerial and almost inevitably zenithal. It allows us to observe new planetary landscapes made up of various states of matter. My intention is to explore the process by which images are dematerialized so they can be sent through space. I will also consider how new systems for obtaining images by means of digitalization and the loss of referent represent a turning point in the traditional photography when it is carried out by means of a digital process that renders it dematerialized and virtual, demonstrating the ease with which these images can be manipulated.

I likewise intend to explore the scientific archive as a container for images that can be appropriated, reinterpreted and contextualized in an entirely different sphere such as Art, thereby altering both their function and interpretation.

3. MACROCOSMS: OBSERVING THE STARS ENABLED US TO CONCEIVE THE STRUCTURE OF THE ATOM

In this section, I examine exploration as the driving force of understanding in all realms of knowledge, starting with the exploration of light and the distribution of all forms of electromagnetic radiation existing throughout the universe based on theories of light derived from Maxwell's equations and which materialize as digital images obtained at various frequencies. Scientific exploration begins with the observation of the universe and the motion of celestial bodies (Aristotle, Copernicus, Galileo, Kepler, Newton, Einstein, Hubble...*De revolutionibus orbium coelestium*, *Sidereus Nuncius*, *Principia Mathematica*, etc.). Exploring the universe alternates with the

exploration of the earth by means of the nexus of the sea – a world harsh and sometimes fearsome, jealous of the mysteries and sub-aquatic realms it conceals. In a similar fashion, towering mountains and frozen polar reaches instill an aesthetic experience of the sublime. Twentieth-century man has used it them both to express what remains unknown and undiscovered, like the cosmos itself, and the manners of searching out an answer using the imagination (Fedorov, Malevich,..) that have made their influence felt on scientists, primarily, (Tsiolkovsky, Oberth, Korolev,...), and also the bold pioneers of space exploration (Gagarin, Glenn, Tereshkova, Armstrong, etc.)

The sublime appears again and again in the accounts of the great explorers, as an indication of man's insignificance and his ignorance. Nonetheless, humans obstinately persist with their attempts to explore the cosmos, impelled by curiosity and the need to be reassured of their own existence.

PART III

- POSTMODERNISM

A concise examination of its developmental trajectory as a response to the modernist movement with reference to certain postmodern practices and considerations of the photographic medium in its discursive/expository context.

- THE USE OF PHOTOGRAPHS AND SCIENTIFIC IMAGERY IN CURRENT ARTISTIC TENDENCIES.

A survey of various contemporary artists that, in one way or another, have made use of the images, processes or discourses of science to carry out initiatives linked to artistic creation many of which have a formal and conceptual resemblance with the approach followed in this present thesis. It ends with a discussion of several Spanish artists who have made use of science as the basis for their artistic explorations. This part represents

the justification of this thesis proposal as a coherent whole, centered on a phenomenon that is becoming more and more frequent in the discourse of contemporary art.

PART IV

PROPOSAL FOR AN EXHIBITION.

The research track described in this document includes a parallel proposal for the staging various expositions that I have prepared so that they can be held conjointly as the thesis progresses. Each corresponds to one of the thematic sections identified in the second part of the thesis (*Microcosms*, *The Supremacist Machine*, *Wide-Angle Vision*, *The Harmony of the Spheres*, and *Macrocosms*.) The five interrelated, transdisciplinary exhibitions can be organized as a single event or, alternatively, in the form of individual exhibitions. Besides calling attention to the aesthetic qualities of scientific images, these works invite us to reflect on the multiple possibilities occasioned by the entrance of digital processing into the world of photography, transforming it into the medium best suited to the

historical present. Many of the images have been personally selected by myself following a thorough Internet search among the extensive library of images assembled principally from the archival holdings of NASA, CERN and the ESA. Editing them with Photoshop configured these images into a coherent and frankly fascinating artistic discourse. Other images taken by myself are intended to highlight the ideas being advanced in my own artistic exploration, juxtaposing some of these with images taken from the above-mentioned institutional archives. The result is a unique piece of art. Each of these proposals has its own idiosyncratic character, the argument for which is made in the place set aside for it, resulting in a wide ranging presentation extending from microcosm to macrocosm.

..

APPENDIX: A BRIEF SURVEY OF THE HISTORY OF SCIENCE.

The decision to include an add-on to the thesis comes from my perception of a need to recapitulate the history of science in order to explain some of the more complicated concepts that have emerged from it. Such a digression may seem out of place in an academic work grounded in the discipline of the Fine Arts. Nevertheless, I firmly believe in a transdisciplinary approach as the research strategy best suited to the historic interval in which we live, integrating multiple disciplines to enhance and contribute to the development of new forms of expression in the respective frameworks of arts and sciences.

Musical Notes

It is my intention to submit with the digital edition of the thesis several musical compositions that can be reproduced on E-book or tablet while it is being read. This, I believe, can only add additional content to the section of thesis that I, as author, consider unusually significant and informative, apart from their cutting-edge relevance. The pieces suggested are

based on my own knowledge of music, interpreted in this case with entirely subjective criteria linked to the thematic orientation outlined in various parts of the research process, and that serve to enrich the discourse of the thesis.

CONCLUSIONS

To bring this outline to a close, several conclusions of a general nature must be articulated as well as some specific ones that correspond to the various sections of the work in hand. The purpose is to examine the expectations invested in this line of research and determine if they have been fulfilled. Broadly speaking, we have arrived at four deductive conclusions that are relevant to all the works discussed:

- When divested of its functionality in the sphere of science, the scientific image may be transformed into a work of art providing it registers a number of characteristics that have been integrated into contemporary artistic discourse,

thereby allowing it serve as an object of contemplation and source of an aesthetic experience.

- In the context of contemporary art, scientific images represent a type of art consistent with the changes modern society has experienced as a result of the exponential growth of the information and communication technologies. That is what makes it an art that is both in, and of, its time, as its functional component commutes from the scientific to the artistic domain.
- Beginning with the changes originating in the domain of science in which the analogical signal gave way to the digital signal; photography has undergone a process of radical transformation. Digital imagery opens up a whole universe of expressive possibilities compared with the constricted world of photography. The photograph's representational potential has now become associated with the concept of the digital image.

- At this historical juncture, we need to once again see through the eyes of the great Renaissance humanists. The present-day outlook for the creative arts suggests that some type of multidisciplinary training is sorely needed in carrying out artistic practices appropriate to the age in which we live. These practices should naturally and seamlessly integrate the arts and sciences, and by so doing, allow for the two spheres of knowledge to exchange data arising from their dissimilar approaches and experiences that will generate new ideas and new constructs for the perception of reality.

These general conclusions of the result of a detailed process of research carried out in each of the sections that provide the present thesis with its conceptual structure. Under all of those headings, we shall be able to examine the results and conclusion that correspond to the approach being examined as summarized below.

FIRST PART: Conclusions relating to the HISTORICAL SURVEY OF THE EVOLUTION OF PHOTOGRAPHY AS A PARADIGM OF THE RELATIONSHIP BETWEEN SCIENCE, TECHNOLOGY AND ART.

- The artistic avant-garde was significantly aware of science and technology of its time. The early years of the twentieth century witnessed simultaneous paradigm shifts affecting both science and art that resulted in the destruction of the pre-established order, such as existed until that point in history. Before World War II, virtually all the avant-garde movements were influenced to some extent by science and technology, taking a position either for or against it in their manifestos. They sought to express a coherent vision of the world utilizing the new media generated by technological advances and new conceptual input from the realm of science.
- Beginning around the time of World War II, artists abruptly turned away from science and technology, which were shunned largely on account of the catastrophes unleashed by the dark side of science. This allowed them to introspective matters that led to the essential: the material

and the instinctive. The eruption of the mass media in the domain of art has once again produced a somewhat skeptical congruence between art and science/ technology that is either highly critical or extremely daring and transgressive.

- Owing to the extraordinary progress in the transmittal and storage of information, we are now witnessing another significant shift in the technological paradigm affecting all its different aspects. Once again, scientific progress has become a concern for artists, to the extent that it is reflected in technology and these technological changes are accepted uncritically. Artists are continually experimenting with the new media and systems that open unlimited possibilities for expression and reflection. The machine is established as a new form of creation, giving access new universes that have been hidden until now.

SECOND PART: Conclusions relating to SCIENTIFIC PHOTOGRAPHY REMOVED FROM ITS FUNCTIONAL CONTEXT AS AN APPROACH TO THE ART OF THE 21ST CENTURY.

- Contemporary scientific imagery has radically altered the traditional uses of photography concerning the manner in which the image is produced and the way it sets about representing reality. The representational function of traditional photography has shifted to the concept of digital imagery.
- Images of the subatomic world are deconstructions of the basic elements of matter. We destroy and reconstitute matter to represent a concept that conforms to a mathematical model. We do not know what the referent is really like, and can only confirm its existence by means of detectors that transmit information to a system designed to represent the complex reality of the subatomic universe.
- The result is equivalent to the fundamentals of graphic representation: points and lines on a flat surface.
- Simulation and reconstruction reveal unexpected phenomena that occur in the subatomic world and macrocosmos which have been hidden to us for centuries as we had no mechanism for

observing objects of their scalar dimensions. These phenomena are form part of the reality that for the vast majority of people remains totally unknown.

- Machines invented to observe these hidden worlds have provided with a kind of wide-angle vision, displaying the new realities that generate new models of representation that have a natural place in the world of art thereby. This in turn leads to the formulation of new points of view about the way reality is represented.
- These machines dematerialize the forms they are representing for the purpose of communicating and transmitting information obtained by a sensory apparatus. Their re-materialization takes place on an unstable platform like a computer screen or a printed image that resembles a photograph.
- Dematerialization allows for the creation of virtual images on the World Wide Web, and these are incorporated into vast archives. Many of the images in scientific archives are accessible by the general public. By making a selection of these and endowing them with a series of characteristics associated with the scientific method is something reflected in the discourse of

contemporary art. Once they have entered the domain of art, these images can be decontextualized so as to alter their function and significance thereby inducing an aesthetic experience. All of these processes are more or less standard procedure in the art of the twenty-first century.

- Fragments of territory captured by satellites and space probes form a landscape when they have been assembled so that their nature can be explored. Landscapes give the appearance of material substance but are, at the same time, dematerialized. They evoke a great many of the abstract worlds produced by twentieth century artists, despite their corresponding to different planets of the solar system.
- Exploration as an instrument or the intellectual analysis of reality is something that holds true in the respective domains of science and art. It reveals the world in which we live and the Cosmos that we belong to. For that to happen, each must establish different points of view that tend to adapt with the maximum precision, to the ultimate reality that stands revealed.

- The sea and the universe as representation of the sublime, is an insight that dates back to the early days of Romanticism. By now, however, it has been superseded by a cosmos that consists of an orderly and harmonious accumulation of everything in existence, in which *microverse* and *macroverse*, time and space, are integrated into a single continuum. Representation of the contemporary concept of the sublime must successfully integrate all that has thus far been discovered with what remains to be revealed, and encouraging the exploration of what has yet to be discovered.

THIRD PART: Conclusions relating to POSTMODERNISM: THE USE OF PHOTOGRAPHY AND SCIENTIFIC IMAGERY IN CONTEMPORARY ART.

Scientific imagery lends itself to incorporation in the postmodern artistic discourse. Apart from the contributions of Roland Barthes (1915-1980) and Walter Benjamin (1892-1940) regarding the death of the author and the disappearance of the aura, new concepts were introduced to the critical

discourse such as *simulacrum*, when there is no distinction between representation and reality, between the sign and its referent; *deconstruction*, which examines the superimposed layers of meaning of the text; in addition to others such as *hyperreality* and *simulation*.

Removed from its context and transferred to the current artistic panorama, the scientific image is consistent with a number of the salient points made by Joan Fontcuberta in his *Post-photographic Manifesto*, “since it is no long a matter of producing works but of prescribing feelings” “The artist becomes indistinguishable from the curator, the collector, the teacher, the art historian, the theoretician...” “discourses of originality lose their legitimacy and appropriation becomes the new normal” “The author is camouflaged or concealed in in the clouds to reformulate the notion of authorship, co-authorship, collaborative creation, interactivity, strategic anonymity, and orphan works.” “A kind of visual ecology emerges that will penalize saturation and encourage recycling.”

Several of the artists whose work is examined in this thesis have begun to take a stance based on some of the standpoints that are dealt with here. Striking examples of the reutilization of scientific images can be seen in works such as *ma.r.s*, *Cassini*, *Sterne* by Thomas Ruff, Andreas Gursky in his current scheme for *Oceans*, Oliafur Eliasson in the *Cartographic Series*, and *Jökla*, and Mungo Thompson in the sequence entitled *Negative Space*.

The change in the way images are acquired and transmitted by satellite served as a precursor of the transformation that shortly thereafter was to affect the photographic medium, as it assimilated modifications originating as a result of the emergence of the new Information and Communications Technologies (ICT).

FOURTH PART: PROPOSAL FOR AN EXHIBITION

This comprises five inter-related, transdisciplinary exhibitions that together give a single view, or several individual exhibitions. I feel that this would make for the ideal conclusion to the thesis which will be submitted to the Department of Fine Arts at Madrid's Complutense University and the most coherent means of demonstrating the validity of the argumentation and examples cited here.

BIBLIOGRAFIA RESUMIDA

- Baqué, Dominique. *La fotografía plástica*. Traducción Cristina Zelich. Editorial Gustavo Gili, SA. Barcelona. 2003.
- Barrow, John D. *El universo como obra de arte*. Editorial Crítica. Barcelona 2007
- Barrow, John D. *Imágenes del cosmos*. Editorial Paidós Barcelona 2009
- Brea, Jose Luis. *Las tres eras de la imagen. Imagen–materia, film y e-imagen*. Editorial Akal/ Estudios Visuales. Madrid 2010
- Casas, Alberto *El LHC y la frontera de la física..* CESIC. Los libros de la Catarata. Madrid 2009
- Chipp, Herschel B. *Teorías del arte contemporáneo*. Ediciones Akal. Madrid.1995
- Cuevas Martín, José. *Fotografía y conocimiento. La fotografía y ciencia. Desde los orígenes hasta 1927*. Editorial Complutense. Publicación electrónica. Madrid. 2007 www.editorialcomplutense.com.
- Fontcuberta, Joan. *La cámara de Pandora*. Editorial Gustavo Gili. Barcelona. 2010
- Foster, Hal, R. Krauss, Y. Boris, B. Buchloh en *Arte desde 1900* Editorial Akal. Madrid. 2006
- Frizot, Michel. *A New History of Photograph*, Könemann, Köln, 1998
- Guasch, Anna María. *El arte último del siglo XX del posminimalismo a lo multicultural*. Alianza Editorial. Madrid 2000
- Guash, Anna María. *Arte y Archivo 1920- 2010. Genealogías, tipologías y discontinuidades*. Editorial Akal. Madrid 2011
- Hawking, Stephen. *A hombros de gigantes. Las grandes obras de la física y la astronomía*. Editorial Crítica. Barcelona. 2012
- Llorca, Pablo. *El mundo descrito. Imagen, ciencia y documento*. Fundación ICO. Madrid .2008
- Llorca, Pablo. *Mensurable*. Catálogo exposición CEDAN. Huesca. 2010
- Malévich, Kazimir. *Escritos*. Ediciones Síntesis. Madrid. 2007
- Moholy-Nagy, László. *La Nueva Visión. Principios Básicos del Bauhaus*. Ediciones Infinito. Buenos Aires Argentina. 2008
- Sagan, Carl. *Cosmos*. Editorial Planeta. Barcelona. 2004
- Scharf, Aaron. *Arte y Fotografía*. Alianza Forma. Madrid 1994
- Snow, C.P. *Las Dos Culturas* Ediciones Nueva Visión. Buenos Aires. República Argentina.1988
- VV.AA. *Cosmos. Del romanticismo a la vanguardia 1801-2001*. Centro de cultura contemporánea de Barcelona. Barcelona. 1999
- VV.AA. *Efecto real. Debates posmodernos sobre fotografía*. Jorge Ribalta (ed.). Editorial Gustavo Gilli. Barcelona 2004

- VV.AA. *Indiferencia y singularidad. La fotografía en el pensamiento artístico contemporáneo*. Gloria Picazo y Jorge Ribalta editores. Museo de Arte contemporáneo de Barcelona.1997
- VV.AA. *The lastpicture Show: Artistas que usan la fotografía*. MARCO de Vigo. Septiembre 2004
- Watson, Peter.*Historia intelectual del siglo XX*. Editorial Crítica. Barcelona. 2000

Artículos de revistas

- Brea, Jose Luis.”*Las tres eras de la imagen: la imagen electrónica*”. Exit Express. Nº 31. Noviembre. Madrid.2007
- Bueno, Antonio. “*Del mapa al paisaje aéreo. La mirada cartográfica*.” Revista Lápiz nº 222. Madrid. 2011
- Del Rio, Víctor. “*El espacio ideológico del arte y la ciencia*”.
- Fontcuberta, Joan “*Por un manifiesto posfotografico*”. Suplemento cultural de La Vanguardia. Miércoles 11-05- 2011. Barcelona. 2011
- Olivares, Rosa. “*El enigma de la abstracción*”. EXIT 14. *Abstracción*. Madrid. 2004
- San Martín, Francisco Javier. “*La máquina y su sombra*”. EXIT nº 31 *Máquinas*. Madrid. 2008
- Sedeño Valdellos, Ana María. “*Nuevas pantallas. El fenómeno de los videos jockeys*.” En Lápiz 247. Madrid. 2011

Direcciones web:

<http://photojournal.jpl.nasa.gov/index.html>,
<http://www.esa.int/esa-mm/mmg.pl?type=I>
<http://www.esa.int/esaCP/index.html>
<http://cdsweb.cern.ch/collection/Photos>